الجغرافيا المناخية والنباتية

مع التطبيق على

مناخ أفريقيا ومناخ العالم العربي

الأستاذ الدكتور

عبد العزيز طريح شرف

جامعة الإمام محمد بن سعود

المملكة العربية السعودية

دار المعرفة الجامعية

٤٠ ش سوتير - الأزاريطة - ت ٤٨٣٠١٦٣

٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي ت ٥٩٧٣١٤٦

الجغرافيا المناخية والنباتية

الجغرافيا المناخية والنباتية

مع التطبيق على
مناخ أفريقيا ومناخ العالم العربي

الأستاذ الدكتور
عبد العزيز طريح شرف
جامعة الإمام محمد بن سعود
المملكة العربية السعودية

٢٠٠٠

دار المعرفة الجامعية
٤٠ ش سوتير، الأزاريطة، ت ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ ش قنال السويس، الشاطبي، ت ٥٩٧٣١٤٦

تقديـم

إلى جميع المشتغلين بتعليم الجغرافيا أو تعلمها أقدم هذا الكتاب راجيا أن تكون له بعض الفائدة فى دراسة « الجغرافيا المناخية والنباتية » التى تعتبر من غير شك فرعا من أخطر وأدق فروع الجغرافيا الطبيعية ، وقد حاولت عند تأليفه أن احقق به هدفين أساسيين ، أرجو أن أكون قد وفقت إلى تحقيق شيء مهما ، وهما :

أولا — أن يكون الكتاب مرجعا يستفيد به مدرس الجغرافيا والطالب الجامعى المتخصص ، ولذلك فقد اجتهدت أن أضمنه كثيرا من الحقائق والتفاصيل ، وأناقش فيه أهم الآراء والنظريات الحديثة التى ظهرت فى علم المناخ نفسه ، بل وفى بعض العلوم الأخرى المتصلة به مثل علوم المتيورولوجيا والهيدرولوجيا والزراعة والنبات .

ثانيا — أن يكون أسلوبه سهلا بسيطا ، ومادته مشروحة شرحا وافيا ، وموضحة توضيحا كافيا بالخرائط والاشكال ، حتى يستطيع القارىء غير المتخصص فى الجغرافيا ، أو الطالب الذى لايتيسر له الحصول على توجيه أو مساعدة أن يعتمد على نفسه فى دراسته وتفهم موضوعاته .

وأننى أشعر وأنا أقدم الطبعة الحادية عشرة من هذا الكتاب ، بأننى وفقت بفضل الله وعونه إلى تحقيق معظم أهداف، بدليل القبول الذى لقيه الكتاب من الجغرافيين فى مختلف الجامعات العربية ، مما شجعنى على أن أدخل على طبعته هذه تعديلات جوهرية لإبقائه متمشيا مع أحدث التطورات فى مجال الدراسات المناخية المتخصصة ، كما أضفت إليه فصلين عن مناخ إفريقيا ومناخ العالم العربى .

والله ولى التوفيـق ،،،

عبد العزيز طريح شرف

١

الفكـــر المناخـــى

١ ــ ١ ــ الفكر المناخى القديم .

١ ــ ٢ ــ الفكر المناخى منذ عصر النهضة الأوروبية .

١ ــ ٣ ــ الفكر المناخى منذ أوائل القرن العشرين .

١ ــ ٤ ــ بعض الاتجاهات المعاصرة فى الفكر المناخى .

اولا ــ دراسة القيم الفعلية لعناصر المناخ

ثانيا ــ علم المناخ التفصيلى Micro Climatology

ثالثا ــ علم المناخ التطبيقى .

١
الفكر المناخى

١ ـ ١ ـ الفكر المناخى القديم :

لما كانت الظاهرات الجوية تؤثر فى حياة الإنسان تأثيرا مباشرا وسريعا فقد كان من الطبيعى أن يبدأ الإنسان منذ نشأته الأولى فى التفكير فى هذه الظاهرات ، وخصوصا الظاهرات العنيفة التى كانت تسبب له متاعب وخسائر كبيرة ، مثل الأعاصير والعواصف الشديدة. وقد أخذ التفكير فى الظاهرات الجوية يتطور مع تطور الإنسان وتحضره ، وظهرت فى تفسير هذه الظاهرات أفكار متباينة بين أصحاب الحضارات القديمة التى عاشت منذ أكثر من ثلاثة آلاف سنة ، وأهمها الحضارات المصرية والبابلية والآشورية والصينية والهندية . ولكن الأفكار التى سادت بين أصحاب هذه الحضارات كانت افكارا بدائية وغير مستندة على أى أسس علمية . وكانت تدور فى الغالب حول تفسير بعض الظاهرات الجوية ، وخصوصا الظاهرات التى لها علاقة بالزراعة والهجرة والملبس والمأكل وغير ذلك من مظاهر الحياة .

أما التفكير العلمى فى الظاهرات الجوية والمناخية فلم يبدأ إلا فى عهد الحضارة اليونانية القديمة ، وكان الفيلسوف اليونانى أرسطو من أبرز المفكرين الذين عالجوا موضوع المناخ ، ففى سنة ٣٥ ق . م ، ألف كتابا أسماه «الميتيورولوجيا Meteorologica » ودرس فيه بعض الظاهرات الجوية دراسة نظرية غير مبنية على القياس ، وتكلم فيه عن الفصول وترتيبها على مدار السنة . وفى نفس الفترة تقريبا كان الهنود يقومون بقياس الأمطار بواسطة أجهزة بسيطة ربما كانت هى أقدم أجهزة قياس المطر فى العالم . ومنذ ذلك الوقت أيضا كان للعرب نشاط تجارى بحرى كبير . وقد ساعدهم هذا النشاط

على معرفة بعض خصائص حركات الرياح فى البحار التى كانت سفنهم التجارية تبحر فيها ، وأهمها المحيط الهندى وبحار جنوب شرق آسيا ، حتى أنهم عرفوا نظام هبوب الرياح الموسمية،وعنهم تعلمه اليونانيون عن طريق بعض ملاحيهم الذين اشتركوا فى بعض الرحلات التجارية للعرب . ومما لاشك فيه أن العرب هم الذين أعطوا لهذه الرياح اسمها الذى أخذت منه كلمة Monsoons الانجليزية .

وفى هذه الفترة كان اليونانيون قد عرفوا دوائر العرض وعلاقتها بميل أشعة الشمس ومايترتب على ذلك من تناقص فى درجة الحرارة من دائرة الاستواء نحو القطبين . ولهذا فقد قسموا العالم على أساس هذه الدوائر إلى خمسة نطاقات هى : النطاق الحار بين المدارين ، والنطاقين المعتدلين بين المدارين والدائرتين القطبيتين ، والنطاقين الباردين بين الدائرتين القطبيتين والقطبين . وقد ظل هذا التقسيم هو السائد حتى أواخر القرن التاسع عشر .

١ ــ ٢ ــ الفكر المناخى منذ عصر النهضة الأوروبية :

فى عصر النهضة الأوروبية الحديثة (خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر الميلاديين) تقدم الفكر المناخى تقدما كبيرا بفضل الكشوف الجغرافية الكبرى ، واختراع بعض أجهزة الرصد الجوى الحديثة ، وأهمها الترمومتر الذى اخترعه جاليليو سنة ١٥٩٣م والبارومتر الذى أخترعه تورشيلى سنة ١٦٤٣م . ونتيجة لهذا التقدم أمكن ملاحظة أن توزيع الأقاليم المناخيه لايتفق تماما مع دوائر العرض ، وأن هناك عوامل أخرى تتدخل فى توزيعها .

وفى نفس الوقت أفادت دراسات الجو والمناخ من التقدم الذى حدث فى العلوم الأخرى ذات الصلة بهما ، وخصوصا فى علوم الطبيعة وماتتضمنه من دراسات عن تركيب الغلاف الجوى وظاهراته المختلفة ، مثل البرق والرعد والإشعاع الشمسى وغيرها . كما أفادت كذلك من التوسع فى النشاط الملاحى بواسطة السفن الشراعية فى مختلف البحار والمحيطات التى تم اكتشافها .

١ ـــ ٣ ـــ الفكر المناخي منذ أوائل القرن العشرين :

منذ أوائل هذا القرن ، كان الاتجاه السائد فى دراسة المناخ هو محاولة إيجاد تقسيمات مناخية عامة لسطح الكرة الأرضية اعتمادا على الإحصاءات المناخية التى أخذت تتوفر لعناصر المناخ الرئيسية فى بعض الدول ، وعلى مظاهر الحياة النباتية الطبيعية التى يمكن الاستدلال بها على نوع المناخ فى الأقاليم التى لاتتوفر فيها إحصاءات مناخية كافية ، مثل الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية الواسعة فى العروض المدارية والأقاليم الواقعة فى العروض القطبية . وكانت التقسيمات المناخية تعتمد فى مراحلها الأولى على مقارنة المعدلات المناخية لعناصر المناخ دون التعمق فى تحليلها لمعرفة اختلافاتها المحلية فى مناطق صغيرة ، أو معرفة القيم الفعلية لهذه العناصر ومدى تأثير كل منها فى الآخر . وبمقتضى هذا الاتجاه أمكن وضع تقسيمات عامة لسطح الكرة الأرضية على أساس الاختلافات المناخية الرئيسية ، ثم ظهرت على أساس هذه التقسيمات فكرة تقسيم العالم إلى أقاليم طبيعية ، وهى الفكرة التى تبناها الجغرافى البريطانى هربرتسون Herbertson فى سنة ١٩٠٥م .

وفى هذه المرحلة كان الاهتمام الرئيسى لعلماء المناخ هو توزيع المعدلات المناخية الحسابية على خريطة العالم أو خرائط القارات ، ثم توصيل الأماكن التى تتساوى فيها المعدلات الشهرية أو السنوية بخطوط يطلق عليها بصفة عامة اسم « خطوط الظاهرات المتساويه Isopleths أو Isograms ». ومن أشهرها خطوط الحرارة المتساوية Isotherms ، وخطوط الضغط المتساوى Isobars ، وخطوط المطر المتساوى Isohyets وعلى أساس هذه الخطوط أمكن تقسيم سطح الكرة الأرضية إلى أقاليم حرارية ونطاقات للضغط الجوى والرياح ، ثم تقسيمه فى النهاية إلى أقاليم مناخية لكل منها صفات مناخية عامة مشتركة .

وقد تمخض هذا الاتجاه عن ظهور عدة تقسيمات مناخية لسطح الكرة الأرضية، بعضها تقسيمات بسيطة تعتمد على توزيع درجة الحرارة وتوزيع الأمطار ، وفيها تستخدم خطوط الحرارة المتساوية التى تمثل المعدلات الحرارية

عند مستوى سطح البحر كحدود عامة لهذه الأقاليم ، ومثل هذه التقسيمات تصلح لدراسة مناخ القارات والأقاليم الكبرى دراسة مناخية عامة ، ومثال ذلك التقسيم الذى اقترحه ديمارتون E.Demartonne فى فرنسا سنة ١٩٢٥ ، والتقسيم الذى اقترحه أوستن ملر Austin Miller فى بريطانيا سنة ١٩٣٦ ، والذى لايختلف كثيرا عن تقسيم ديمارتون .

وإلى جانب هذه التقسيمات البسيطة ظهرت تقسيمات أخرى أكثر تفصيلا وتعقيدا ، ففى ألمانيا اقترح كوبن W.Koppen تقسيما ربط فيما بين التوزيع الفصلى لكل من عنصرى الحرارة والأمطار من أجل تقدير شدة الجفاف وشدة الحرارة أو البرودة ، وعلاقة هذا التوزيع بنوع الحياة النباتية الطبيعية .

وفى الولايات المتحدة اقترح ثورنثويت W.Thornthwaite فى سنة ١٩٤٨ تقسيما مبنيا على حساب الميزانية المائية التى تستخدم فيها معدلات الأمطار ومايضيع منها بالتبخر والنتح Evapotranspiration ، وحساب القيمة الفعلية لدرجة الحرارة . ويمثل هذا التطور فى تصنيف الأنواع المناخية بداية للمرحلة الحديثة فى دراسة المناخ .

وعلى الرغم من الأهمية الكبيرة لكل هذه التصنيفات فإنها لم تعد كافية لمسايرة التطورات الحديثة فى دراسة المناخ ، وهى التطورات التى فرضتها الحاجة المتزايدة إلى الاستفادة من دراسة المناخ فى مختلف المجالات التطبيقية ، وفى مختلف الدراسات العلمية الأخرى التى لها صلة بالمناخ ، وذلك بعد أن أصبحت معظم الدراسات العلمية متشابكة بحيث لم يعد أى منها يستغنى عن الآخر . فمما لاشك فيه أن الباحثين فى علوم مثل علوم الزراعة ، والحيوان والنبات ، وهندسة المياه ، وإيكولوجيا الأمراض ، وحماية البيئة ، وتخطيط المدن وغيرها ، محتاجون جميعا إلى أساس مناخى يتوقف على طبيعة كل علم منها وطبيعة الموضوع المطلوب دراسته ، ومع ذلك فإن الربط بين المناخ وهذه العلوم كان حتى وقت قريب غير واضح بالصورة الكافية ، لأن المناخ ، كان يعالج غالبا كعلم مستقل حتى عن بقية العلوم الجغرافية .

١ ـــ ٤ ـــ بعض الاتجاهات المعاصرة فى الفكر المناخى :

على الرغم من أن علم المناخ لم يسر فى تطوره خلال النصف الأول من القرن العشرين بنفس السرعة التى سار بها علم الميتيورولوجيا فقد أخذت البحوث المناخية تتقدم بسرعة منذ بداية النصف الثانى من هذا القرن وظهرت فى علم المناخ اتجاهات حديثة أهمها :

١ ـــ دراسة القيمة الفعلية (أو التأثير الفعلى) لعناصر المناخ .

٢ ـــ دراسة تفاصيل المناخ بكل عناصره فى أماكن محدودة ، وظهور مايعرف باسم « علم المناخ التفصيلى Micro Climatology » .

٣ ـــ دراسة دور المناخ فى مظاهر النشاط البشرى المختلفة فيما عرف باسم علم المناخ التطبيقى Applied Climatology .

٤ ـــ استخدام الأسلوب الكمى فى معالجة العلاقات الزمنية والمكانية لعناصر المناخ مثل حساب معامل التغير والانحراف المعيارى للتوزيع الشهرى أو السنوى للأمطار وغير ذلك من العلاقات التى سنعالج بعضها عند دراسة الأمطار .

١ ـــ ٤ ـــ ١ دراسة القيمة الفعلية لعناصر المناخ :

رأى كثير من الباحثين ، لا فى علم المناخ وحده ، بل وفى بعض العلوم الأخرى المتصلة به أن المعدلات المناخية التى تنشرها محطات الأرصاد كثيرا ماتعطى صورة غير صحيحة لحقيقة العلاقة بين عناصر المناخ من جهة ومظاهر الحياة المختلفة فوق سطح الأرض من جهة أخرى . فمجرد معرفتنا لكمية الأمطار التى تسقط فى مكان ما لاتفيدنا كثيرا إلا إذا عرفنا القيمة الفعلية لهذه الكمية ، فقد تتساوى كمية الأمطار التى تسقط سنويا فى مكانين معينين ، ولكن الأثر الذى تحدثه هذه الكمية قد يختلف فى أحد المكانين اختلافا واضحا عنه فى المكان الآخر ، ويرجع ذلك إلى أن الأمطار تخضع بعد سقوطها على سطح الأرض لعدة عوامل هى التى تحدد الفائدة التى يمكن للأنواع المختلفة من

الحيوان والنبات أن تحصل عليها منها ، فجزء من هذه الأمطار يضيع بالتبخر عند انحداره فوق سطح الأرض أو تجمعه فى المنخفضات والمجارى النهرية ، وجزء آخر يتسرب فى التربة ، وربما يصل إلى أعماق بعيدة يستحيل معها الاستفادة به ، وجزء آخر ينحدر فى مجارى الأنهار ويصل إلى البحر أو المحيط . وتختلف المقادير التى تضيع من مياه الأمطار بسبب العوامل السابقة من منطقة إلى أخرى على حسب الظروف المحلية الخاصة بكل منطقة ، خصوصا مايتعلق منها بدرجة الحرارة والتوزيع الفصلى للأمطار ونوع الرياح وخواص التربة وانحدار سطح الأرض ، ويعتبر كوبن " W. Koppen "[1] الألمانى من أشهر الباحثين الذين وجهوا النظر ، منذ أوائل القرن الحالى ، إلى ضرورة الاهتمام بتقدير القيمة الفعلية للأمطار عند دراسة المناخ .

وفى الولايات المتحدة تقدمت الدراسات المناخية على أسس رياضية على يد « Thornthwaite » الذى اقترح فى سنة ١٩٤٨ تقسيمه المناخى المعروف الذى أصبح فى الوقت الحاضر من أكثر التقسيمات المناخية الحديثة استخداما فى مختلف جهات العالم . وقد بناه على أسس جديدة تعتمد على تحليل العلاقة بين الأمطار ومايضيع منها بالتبخر والنتح[2] .

وماقيل عن الأمطار يمكن أن يقال كذلك عن درجة الحرارة ، فليست جميع درجات الحرارة ذات قيمة واحدة من حيث أثرها فى حياة النبات ، فلكل نوع من أنواع النباتات حد أدنى وحد أعلى لدرجة الحرارة التى يستطيع أن ينمو فيها . كما أن سرعة نمو النبات قد تكون فى درجة حرارة معينة أسرع منها فى الدرجات الأخرى ، ويحتاج كل نبات كذلك إلى مجموعة من الوحدات أو

---

(١) Koppen, W., « Versuch einer Klassification der Klimate »
Geogr. Zeitscher, vol. 6, 1900, pp. 963-657
« Grundriss der Klimakunde, » 1931.

(٢) Thornthwaite, C. W., « An Approach Towards a Rational Classification of Climate, » Geog. Rev., vol. 38, 1948, pp. 59-93.

الدرجات الحرارية التى يجب توفرها خلال فصل النمو . ويعتبر الضوء عاملا مساعدا لدرجة الحرارة، بمعنى أن النبات الذى ينمو فى منطقة ما قد يحتاج لكى يتم نموه ونضجه إلى كمية من الوحدات الحرارية أكبر مما يحتاجه نفس النبات لو كان نموه فى منطقة أخرى نصيبها من ضوء الشمس أكبر من نصيب المنطقة الأولى ، وذلك لأن ضوء الشمس يساعد عادة على زيادة سرعة نمو النبات . وهذه الحقيقة مهمة جدا بالنسبة للزراعة فى العروض العليا حيث يزداد طول النهار فى فصل الصيف ، وهو فصل النمو ، كلما اقتربنا من الدائرة القطبية ويتزايد تبعا لذلك مقدار ماتستفيده الأرض من ضوء الشمس . وقد ساعد هذا على نجاح زراعة بعض غلات المناطق المعتدلة مثل القمح فى الأقاليم الباردة ، ويعتبر " B.E.Livingston "[1] من أول الباحثين الذين كان لهم فضل توجيه النظر إلى ضرورة تقدير القيمة الفعلية لدرجات الحرارة المختلفة وتأثير كل منها فى حياة النبات .

وهذا الاتجاه الحديث لتقدير التأثير الفعلى للعناصر المناخية قد فرض على الباحثين فى علم المناخ أن يقووا صلتهم بالعلوم الأخرى . وأن يستفيدوا من النتائج العلمية التى يتوصل إليها غيرهم من الباحثين ، خصوصا فى علم النبات والزراعة وهندسة المياه (الهيدرولوجيا) ، وهكذا بدأ علم المناخ يوسع اختصاصاته ، وبدأت تستخدم فيه تعبيرات جديدة مثل القيمة الفعلية أو التأثير الفعلى للأمطار "PrecipitationEffectiveness" والقيمة الفعلية أو التأثير الفعلى لدرجة الحرارة "Temperature Efficiency" والحرارة المتجمعة "Accumulated Temperature" وصفر النمو "Zero point of Growth" (والتبخر / والنتح) "Evapotranspiration" وهو مايطلق عليه كذلك تعبير « التبخر الكلى » .

---

(١) Livingston, B.E., « Study of Plant Growth in Relation to Climatic Conditions, » Physical Review, vol, I 1916 pp. 399-420.

١ ــ ٤ ــ ٢ علم المناخ التفصيلي Microclimatology

فى أواخر القرن التاسع عشر ظهر فى ألمانيا نوع جديد من الدراسات المناخية التى فرضتها الحاجة الشديدة لمضاعفة استغلال الأراضى الزراعية حتى يمكنها أن تواجه التزايد المستمر فى عدد السكان ، فقد رأى بعض الباحثين وعلى رأسهم كراوس "Gregor Kraus"(١) أن علم المناخ يمكنه أن يقدم خدمات كثيرة لهذا الاستغلال ، ولكنهم لاحظوا أن الدراسات المناخية العامة التى تعتمد فقط على المعدلات التى تنشرها المراصد المختلفة كثيرا ماتعطى صورة مشوهة لما هو موجود فى الطبيعة فعلا ، لأن هذه المعدلات تهمل كثيرا من التفاصيل المهمة التى قد تكون لها آثار عظيمة فى حياة النباتات ، كما أنها تهمل فى معظم الأحيان مراعاة الظروف الجغرافية المحلية التى يكون لها أحيانا أثر واضح فى تنوع المناخ واختلافه من بقعة إلى أخرى فى الإقليم الواحد . ولذلك فإن هذه الدراسات العامة لم تكن لها الفائدة المرجوة فى الحياة العملية خصوصا مايتعلق منها بالاستغلال الاقتصادى للأرض، فالزارع مثلا لايهمه كثيرا أن يعرف المعدلات الشهرية والسنوية للمطر أو درجة الحرارة فى الإقليم الذى يعيش فيه بصفة عامة ، بل إن الذى يهمه قبل كل شيء هو أن يعرف الظروف المحلية الخاصة بحقله ، وهى الظروف الذى قد تجعل هذا الحقل مختلفا اختلافا كبيرا عن غيره من الحقول التى فى نفس الإقليم . ويبدو هذا واضحا بصفة خاصة فى البلاد الجبلية التى تتعقد فيها مظاهر السطح حيث نجد مثلا أن الجبل الواحد قد تتمثل عليه جميع أنواع المناخ تقريبا ، فبصرف النظر عن الحقيقة المشهورة الخاصة بتناقص درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع ، نلاحظ أن هناك فروقا كبيرة جدا بين مناخ الجوانب المختلفة للجبل الواحد ، ففى نصف الكرة الشمالى تكون الجوانب الجنوبية عادة أدفأ ونصيبها من أشعة الشمس أكبر من الجوانب الشمالية . كما أن النظام اليومى لدرجة الحرارة

---

(١) Kraus, Cregor. « Boden und Klima auf Kleinstem Raum » Jenz, Fischer 1911

يختلف اختلافا واضحا من جانب إلى آخر ، وذلك تبعا لدرجة الميل التى تسقط بها أشعة الشمس على الأرض ، واختلاف ساعات سقوطها على الجوانب المختلفة . ومن المعروف كذلك أن الجوانب المواجهة لهبوب الرياح المحملة ببخار الماء تكون دائما أغزر مطراً من الجوانب المضادهالتى تقع فيمايعرف باسم « ظل المطر » .

ولئن كان ارتفاع الجبال وشكلها يساعدان على خلق أنواع متباينة من المناخ ، فان هذا هو أيضا شأن الوديان والمنخفضات ، فقاع الوادى يكون عادة أدفأ أثناء النهار من جوانبه ، أما اثناء الليل فيحدث العكس لأن الهواء البارد يميل دائما للهبوط بسبب ازدياد كثافته حيث يتجمع فى قيعان الوديان والمنخفضات ، ولهذا فان الحقول التى توجد فى هذه القيعان (فى المناطق المعتدلة الباردة) تكون عادة أكثر تعرضا لخطر الصقيع من الحقول التى على الجوانب المرتفعة . وهذه الحقيقة تبدو واضحة كذلك بالنسبة لمنحدرات الجبال ، حيث تكون الأجزاء السفلى منها أبرد أثناء الليل من الأجزاء العليا ، وذلك على العكس مما هو معروف عموما عن تناقص درجة الحرارة بالارتفاع .

وليس من شك فى أن الحياةالنباتيةالتى تغطى سطح الأرض فى بعض الأماكن ودرجة كثافتها لها كذلك تأثير ظاهر على المناخ ، وهو تأثير ملطف فى غالب الأحيان ، ويكفى أن نشير إلى ماتلمسه فى حياتنا العامة من فرق واضح بين مناخ المدن ومناخ الريف ، ولو أننا يجب أن نلاحظ من ناحية أخرى أن ظروف المدن نفسها بما فيها من مبان ومصانع ومايتتشر فى جوها من أتربة ودخان ومواد عالقة ، وفى منازلها من مواقد ، كل ذلك له دخل كبير فى إظهار الفرق بين مناخ المدن ومناخ الريف .

وليس ماذكرناه هنا ألا أمثلة قليلة فقط للدور الهام الذى يمكن أن تلعبه الظروف المحلية فى تنوع مظاهر المناخ ومايترتب على ذلك من تنوع فى مظاهر الحياةالمختلفة داخل المنطقة الواحدة ، ولهذا فإننا نجد أن الجغرافيين أخذوا فى

السنوات الأخيرة يهتمون بصفة خاصة بدراسة تفاصيل المناخ فى مناطق صغيرة محدودة المساحة ، أكثر من اهتمامهم بدراسة المظاهر العامة فى مناطق واسعة ، وقد أدى هذا الاتجاه الحديث إلى تشعب علم المناخ واتساع مجال البحث فيه من هذه الناحية أيضا ، فبدأنا نقرأ مثلا عن موضوعات جديدة مثل مناخ الجبال ومناخ الوديان ومناخ المدن ومناخ سطح التربة أى على ارتفاع لايزيد على متر واحد منها ، وغير ذلك من الموضوعات التى أصبح يضمها فرع جديد عظيم الاهمية من علم المناخ يطلق عليه بصفة عامة اسم « علم المناخ التفصيلى أو الميكروسكوبى Macroclimatology » ، وقد أصبح علم المناخ التفصيلى فى الوقت الحاضر من أهم العلوم التى توجه إليها الدول المتحضرة عناية بالغة لما لها من أهمية اقتصادية خطيرة يبدو أثرها واضحا بالنسبة لتوزيع مظاهر الإنتاج المختلفة سواء منها ماهو زراعى أو ماهو صناعى .

أ ـ ٤ ـ ٣ علم المناخ التطبيقى Applied Climatology[1] :

ليس من شك فى أن المناخ هو أهم العوامل الطبيعية التى تتدخل بطريق مباشر أو غير مباشر فى تشكيل سطح الأرض وماعليه من مظاهر متباينة ، سواء فى ذلك تلك المظاهر الخاصة بتضاريس القشرة الأرضية وتكوينها ، أو تلك التى تتصل بتكوين التربة وبحياة النبات والحيوان بجميع أنواعهما ، وليس الانسان بأقل الكائنات الحية تأثرا بهذا العامل سواء فى الماضى أو الحاضر ، فلئن استطاع العقل البشرى أن يغير بعض الشىء من مظاهر سطح الأرض ، وأن يغزو بمخترعاته أجواز الفضاء وعروض البحار وأن يبدأ ارتياد سطح القمر ، فإن الإنسان كان ولم يزل وسيظل دائما عبدا لظاهرات الجو وأحوال المناخ ،

(١) إن علم المناخ التطبيقى علم واسع وله علاقاته المتشعبة وقد عولج فى كتابات عديدة نذكر منها على سبيل المثال الكتب التالية :

- Smith Keith (1975) - Principles of Applied Climatology McGraw Hill (Uk).
- Critchfield H.J. (2nd ed. 1966)- General, Climatology- Prentice Hall, New Jercy, Chaplers 11 to 15.
- Brooks, C.E.P. (1950)- Climate in Every day Life - E. Benn, London.

ولن يستطيع مهما طال الزمن أن يتحرر كلية من سيطرتها عليه وتحكمها فى مشروعاته وأرزاقه ، بل وفى لونه وصحته ومزاجه ، ولن نستطيع أن ندخل هنا فى تفاصيل العلاقة بين المناخ وحياة الانسان ، ولهذا فأننا سنكتفى بذكر أمثلة محدودة جدا لتوضيح هذه العلاقة . كتمهيد مختصر لدراسة أكثر توسعا فى « علم المناخ التطبيقى » .

المناخ والزراعة :

منذ أقدم العصور كان الزارع والراعى يخضعان خضوعا تاما لرحمة الظروف المناخية ، ولايزال هذا هو حالهما فى الوقت الحاضر ، إذ أن المناخ هو المتحكم الأول فى توزيع الحياة النباتية والحيوانية فى العالم ، فلا يمكن مثلا أن تنجح زراعة غلة مثل القمح على نطاق واسع فى الأقاليم الاستوائية ذات الأمطار الغزيرة طول العام ، أو أن تنتشر زراعة الكاكاو أو المطاط فى الأقاليم الباردة ، فلكل نبات ظروفه المناخية التى تلائمه والتى لايجود إلا فيها ، وهكذا تحددت مناطق الإنتاج الزراعى سواء فى ذلك إنتاج المواد الغذائية أو انتاج المواد الأولية اللازمة للصناعة ، وتحددت تبعا لذلك طرق التجارة ومناطق الإنتاج والاستهلاك .

ويتحكم المناخ فضلا عن ذلك فى نظام الزراعة فى المنطقة الواحدة فهو الذى يفرض على الزراع أن يتبعوا نظما خاصة فى توزيع محصولاتهم على فصول السنة ، ومن الطبيعى أن يكون تحكم المناخ فى الإنتاج الزراعى أقوى فى الأقاليم التى تعتمد الزراعة فيها على المطر منه فى الأقاليم التى تقوم الزراعة فيها على الرى ، فكثيرا مايؤدى نقص الأمطار فى سنة من السنين إلى فشل الزراعة أو فقر المرعى مما يترتب عليه حدوث مجاعات خطيرة ، كما يحدث كثيرا فى بعض مناطق استراليا والهند وشمال إفريقية وغيرها من المناطق التى تتغير كمية الأمطار التى تسقط فيها تغيرا كبيرا من سنة إلى أخرى ، وقد يحدث العكس تماما فى بعض الأحيان فتزداد الأمطار بدرجة يتلف معها الزرع ويتعذر الحصاد فيهبط المحصول هبوطا كبيرا ، كما يحدث كثيرا فى مناطق زراعة القمح بغرب

أوروبا ، فالقمح يعتبر من النباتات التى تحتاج لكى يتم نضجها إلى فترة جفاف قبل الحصاد وإلا فسد المحصول وقل الإنتاج .

ولئن كان الإنسان قد عجز عن أن يعدل الظروف المناخية على حسب رغباته ، فإنه لم يعجز تماما عن أن يتحايل عليها بوسائله الخاصة ، فقد استطاع مثلا أن ينقل زراعة غلة من الغلات ، ولو على نطاق ضيق ، إلى مناطق لم تكن تصلح لها من قبل ، وذلك باستنبات فصائل وأنواع جديدة تكون أقدر على تحمل بعض الظروف المناخية التى تتحملها الفصائل والأنواع الأصلية ، فقد أمكن مثلا استنبات فصائل كثيرة من الذرة يصلح كل منها لنوع معين من أنواع المناخ ، ومن هذه الفصائل مايصل ارتفاع نباته إلى ستة أمتار ويحتاج نموه ونضجه إلى مابين عشرة أشهر وأحد عشر شهراً(١) ، وهذه الفصائل هى التى يمكن زراعتها فى المناطق الحارة ، التى لاينخفض متوسط درجة الحرارة فيها فى أى شهر من شهور السنة انخفاضا يضر النبات أو يوقف نموه ، وإلى جانب ذلك استنبتت أنواع من الذرة لايكاد يصل ارتفاعها إلى ثلاثة أرباع المتر ، ولاتحتاج لنموها إلى أكثر من ثلاثة أشهر ، ومثل هذه الأنواع تزرع غالبا فى المناطق الباردة نسبيا حيث يكون الفصل الدافىء الذى يستطيع النبات أن ينمو خلاله قصيرا ، كما هى الحال فى بعض مناطق وسط أوروبا وأمريكا الشمالية .

ومن أنواع الذرة أيضا نوع يزرعه الهنود الحمر منذ زمن طويل فى جنوب غرب أمريكا الشمالية ، وهذا النوع لايحتاج إلا إلى كميات قليلة جدا من الماء ، ولهذا فإنه يمكن أن يجود فى المناطق التى لاتكفى موارد المياه فيها لزراعة الأنواع الأخرى من الذرة ، وتغرس بذور هذا النوع عادة فى التربة على عمق لايقل عن قدم واحد من سطح الأرض ، وذلك حتى يمكنها أن تستفيد من الرطوبة الموجودة فى الأجزاء السفلى من التربة ، وياحبذا لو جربت زراعته فى بعض المناطق شبه الصحراوية فى الوطن العربى ، كما هى الحال فى المناطق

(١) Gove Hambidge, U S Department of Agriculture Year-book 1941
« Climate and Man » P 31

الساحلية من شمال الصحراء الغربية وشمال شبه جزيرة سيناء فى جمهورية مصر العربية .

وماقيل عن الذرة يمكن أن يقال كذلك عن كثير من الغلات الأخرى التى يعظم الطلب عليها فى جميع أنحاء العالم إما لقيمتها كمادة غذائية كما هى الحال فى القمح والأرز ، أو لأهميتها كمادة أولية لازمة للصناعة ، كما هى الحال فى القطن ، فجميع هذه الغلات قد أمكن التوسع فى زراعتها بحيث أصبحت تنتشر فى مناطق كان المعتقد من قبل أن أحوالها المناخية لاتصلح لها .

ويظهر أثر المناخ ومقدار مايبذله الإنسان من مجهود للتحايل عليه بصورة أوضح فى حالة إنتاج الخضروات الغذائية مثل الطماطم والمقاثى . فعلى الرغم من أن هذه النباتات تعتبر حساسة جدا للتغيرات الجوية ، فقد أصبح من الممكن زراعتها فى الوقت الحاضر فى جميع أنحاء العالم تقريبا ، ولو على نطاق ضيق ، وببذل مجهودات كبيرة واتباع وسائل خاصة ، فالى جانب استنبات أنواع وفصائل لها قدرة على تحمل صنوف مختلفة من المناخ أمكن إنتاج بعض هذه الخضروات فى ظروف جوية صناعية ، وذلك بزراعتها فى بيوت من الزجاج يمكن التحكم فى درجة الحرارة داخلها ، ولهذا فليس من المستغرب أن تزرع الطماطم مثلا فى كثير من الأقاليم المدارية وأن تزرع فى نفس الوقت فى بريطانيا وغيرها من دول غرب أوروبا ، والفارق الرئيسى هو أنه بينما يضطر الزراع فى الاقاليم المدارية أحيانا لزراعة النبات فى ظل بعض الأشجار ، أو تغطية شجيراته بطرق خاصة لحمايتها من أشعة الشمس القوية ، فان الزارع الأوروبى قد يضطر لوضع هذه الشجيرات فى بيوت من الزجاج يمكن أن تنفذ منها أشعة الشمس فيظل الجو بداخلها دافئا ، ويحدث ذلك عادة فى الفصل الذى يكثر فيه ظهور الصقيع . أو تنخفض أثناءه درجة الحرارة بصورة تؤذى النبات ، وكثيرا ماتوقد النيران فى بساتين الفواكه لنفس الغرض .

ولئن كان المناخ يؤثر تأثيرا مباشرا على توزيع المحاصيل الزراعية فيجب ألا يخفى علينا انه كذلك عامل أساسى فى تكوين التربة التى تعتبر مع المياه العذبة

الأساس الأول لوجود الإنسان وبقائه ، فلولا وجود التربة الصالحة للزراعة أو حتى لظهور الحياة النباتية الطبيعية ومايعيش فيها أو عليها من حياة حيوانية لما استطاع الإنسان أن يبقى وينتشر على سطح الأرض ، كما أن النباتات الطبيعية نفسها وتباين أنواعها وتوزيعها ليست إلا أثرا من آثار الظروف المناخية وتباينها من مكان إلى آخر .

ويكفى أن نذكر أن الرخاء الذى تتمتع به بعض أقاليم العالم والمجاعات التى قد تتعرض لها أقاليم أخرى والأمراض التى تصيب المحاصيل المختلفة من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر ليست كلها إلا مظاهر مترتبة على المناخ والطقس .

المناخ والصناعة :

ولئن كانت دراسة المناخ والأحوال الجوية مهمة للزراعة فان أهميتها لتبدو واضحة كذلك بالنسبة للصناعة ، فمن المعروف أن بعض الصناعات يلزم لقيامها نوع معين من المناخ ، فصناعة الغزل والنسيج مثلا يلزم لنجاحها نسبة عالية من الرطوبة فى الهواء حتى لاتتقصف التيلة عند غزلها ونسجها ، ويظهر هذا فى صناعة غزل ونسيج القطن أوضح منه فى صناعة غزل ونسيج الصوف ، إذ أن الأولى تحتاج إلى نسبة من الرطوبة أعلى بكثير مما تحتاجه الثانية ، والمثال التقليدى الذى يضرب عادة لتوضيح هذه الحقيقة هو أن صناعة القطن قد تمركزت فى مقاطعة لنكشير فى غرب انجلترا ، حيث يكون الهواء عادة محملا بنسبة مرتفعة جدا من الرطوبة ، بينما تمركزت صناعة الصوف فى مقاطعة يوركشير المقابلة لها فى الشرق حيث تكون نسبة الرطوبة فى الهواء أقل نوعا ما منها فى لنكشير ، ولعل هذا هو السبب أيضا فى أن معظم صناعات الغزل والنسيج فى مصر توجد بصفة خاصة فى النصف الشمالى من الدلتا .

ومن الصناعات الأخرى التى اشتهرت بشدة حساسيتها للظروف الجوية صناعة السجاير والسيجار ، فهى تحتاج إلى درجة حرارة ونسبة رطوبة عاليتين ، وعلى العكس من ذلك يلاحظ أن صناعة المواد الغذائية ، مثل صناعة

حفظ اللحوم والأسماك والخضروات والفواكه كلها تحتاج غالبا إلى جو بارد ، وكلما كان الهواء جافا كان ذلك أدعى لنجاح الصناعة .

ولكننا مع ذلك نلاحظ أن كثيرا من الصناعات أمكنها فى الوقت الحاضر أن تتحرر إلى حد ما من سيطرة المناخ والأحوال الجوية ، وذلك بعد أن تقدمت وسائل التبريد والتدفئة وغيرها من وسائل تكييف الهواء ، بحيث أصبح من الممكن خلق أجواء صناعية داخل المصانع على حسب الحاجة ، وفضلا عن ذلك فإن المصانع أصبحت تبنى أحيانا تحت سطح الأرض حتى تكون بعيدة بقدر المستطاع عن تأثير التقلبات الجوية المختلفة .

علاقة المناخ والجو بالملاحة والحرب :

ولاتخفى علينا كذلك أهمية الدراسات الجوية بالنسبة للملاحة البحرية والجوية على حد سواء ، فالطيار أو البحار كلاهما عليه أن يتأكد من حالة الجو ومايمكن أن يطرأ عليه من تغيرات قبل أن يمضى فى رحلته ، ومع ذلك فكثيرا مانسمع عن حوادث سقوط الطائرات أو غرق المراكب بسبب تقلبات فجائية فى الظروف الجوية مثل حدوث العواصف أو انتشار الضباب الكثيف فوق الموانى والمطارات وعلى خطوط الملاحة ، وكذلك القائد فى ميدان القتال عليه أن يراقب الأحوال الجوية بكل حذر ، فكثيرا ماكانت الظاهرات الجوية سببا فى خسارة بعض المعارك المهمة أو كسبها . ومن الثابت أن بعض فصول السنة تكون أصلح من غيرها لنجاح العمليات الحربية المختلفة ، وذلك على حسب نوع الأسلحة التى تستخدمها الجيوش المتحاربة ، فالمتبع لسير الحروب فى الشرق الأقصى فى السنوات الأخيرة مثلا ، يلاحظ أن الجيوش الأمريكية المجهزة بالطائرات والأسلحة الثقيلة تفضل عادة القيام بعمليات الغزو والهجوم فى الأشهر التى تقل أثناءها الأمطار والتقلبات الجوية ، حتى يسهل استخدام الطائرات والعربات والدبابات فى الميدان ، بينما يفضل المجاهدون الوطنيون الأشهر الممطرة للقيام بمثل هذه العمليات ، لأنهم (على الأقل فى الوقت الحاضر) أقل من الدول الاستعمارية اعتمادا على الطائرات والدبابات فى

حروبهم ، وذلك إلى جانب أنهم يكونون فى هذه الأشهر أقل تعرضا لهجمات هذه الأسلحة من القوات الأمريكية .

المناخ وموارد المياه :

من الثابت أن موارد المياه ، سواء ماهى سطحية أو ماهى جوفية ، مصدرها مياه الأمطار التى تمثل عنصرا أساسيا من عناصر المناخ ، وبالإضافة إلى علاقاتها المباشرة بالأمطار فإن هذه المياه ، وخصوصا المياه السطحية تتأثر كذلك بدرجة الحرارة التى تعتبر العامل الرئيسى الذى يؤدى إلى ضياع مقادير متباينة من مياه الأمطار بالتبخر ، الذى يمثل مرحلة رئيسية من مراحل الدورة المائية . والواقع أن المظاهر الجوية فى هذه الدورة ، وأهمها التبخر والتكثف والتساقط ، كلها مظاهر مناخية . ولتوزيع المياه على سطح الأرض علاقات قوية بالدورة الهوائية العامة ، التى تنتقل بواسطتها الرطوبة من بعض المناطق إلى مناطق أخرى حيث تتكثف وتسقط بشكل أمطار ، أو بأى شكل آخر من مظاهر التكثف . وتلعب الكتل الهوائية الجافة والرطبة هى الأخرى دورا هاما فى هذا التوزيع ، فالكتل الهوائية الجافة التى تتكون على اليابس تساعد على سرعة التبخر فتزيد من جفافه حيث تنقل عند خروجها منه مقادير كبيرة من رطوبته ومياهه ، أما الكتل الهوائية البحرية الرطبة فتحمل إليه على العكس من ذلك كثيرا من بخار الماء الذى يتكثف إذا ماصادف ظروفا ملائمة لذلك ، كأن يرتفع هواؤها بالتصعيد أو عند مصادمته للحافات الجبلية فيؤدى إلى سقوط الأمطار .

وهكذا فإن المناخ هو المسئول الأول عن الدورة المائية وعن توزيع المياه على سطح الأرض وفى طبقاتها ، ولهذا فإن دراسته تحتل جانبا أساسيا فى دراسة تصريف مياه الأنهار ، ونظام جريانها وإمكانات تخزين مياهها ، وتقدير احتمالات الفيضانات واحتمالات حدوث حالات القحط والجفاف[1]

(١) لمزيد من القراءة فى هذا الموضوع راجع :

Critchfield, H J (2nd ed 1966)

Grneral Climatology-Prentice Hall. New Jersey, PP. 248-265.

المناخ والعمران :

يتدخل المناخ فى التخطيط العمرانى الحديث من بعض النواحى ، مثل اختيار المناطق الصناعية والمناطق الترفيهية والمناطق السكنية. وأهم العناصر المناخية التى تراعى فى هذا التخطيط هى الرياح لأنها هى التى تفرض وضع المناطق الصناعية وأماكن تجميع النفايات فى اتجاه انصرافها بعد مرورها على الأحياء السكنيه والأحياء الترفيهية . كما أن هبوب الرياح المعتدلة من ناحية البحر فى المدن الساحلية وانخفاض المدى الحرارى على طول السواحل يعتبر من العوامل الهامة التى تدفع إلى امتداد معظم هذه المدن امتدادا طوليا محاذيا لساحل البحر ، وإلى وجود أهم مناطق الترفيه والتنزه على امتداد الشواطىء .

ولقد كان تأثير المناخ والأحوال الجوية واضحا على تصميم المساكن منذ أن بدأ الإنسان يبنيها فى عهوده الحضارية القديمة لسبب واضح وهو أن أحد الأهداف الرئيسية من بنائه لها هو الحماية من الأحوال الجوية . وأيا كان نوع المسكن أو حجمه فإن المناخ يتدخل فى اختيار موقعه واختيار المواد التى يبنى بها وتصميمه. والعناصر المهمة التى تراعى عادة فى هذا الاختيار هى درجة الحرارة والإشعاع الشمسى والمطر والرياح .

وليس المناخ السائد وحده هو الذى يتدخل فى تصميم المساكن وتوجيهها ، بل إن المناخ التفصيلى للمواضع التى تختار للبناء يمكن أن يجعل بعض المواضع أصلح للسكنى من غيرها داخل النوع الواحد من المناخ . ويرجع التباين فى المناخ التفصيلى من موضع إلى آخر إلى عوامل محلية مثل ارتفاع الأرض أو وجود مسطحات مائية أو غطاءات نباتية أو مناطق صناعية أو مبان قريبة .

المناخ وصحة الإنسان :

من الثابت أن هناك علاقة وثيقة بين صحة الإنسان وحالة الجو والمناخ ، فقد تبين مثلا أن بعض أنواع المناخ ساعد على انتشار أمراض

معينة ، ويعتبر المناخ الحار الرطب من أسوأ أنواع المناخ فى هذه الناحية ، وذلك لأنه يساعد على تحلل المواد العضوية ، وعلى نمو الجراثيم والميكروبات والحشرات وانتشارها ، فضلا عن أنه يبعث غالبا على الكسل والخمول ويقلل من مقدرة الجسم على مقاومة الميكروبات ، وقد كان هذا المناخ من أهم العقبات التى اعترضت الأوروبيين عند استعمارهم للأقاليم الاستوائية ، وكثيرا ماكنا نسمع مثلا عن « مقبرة الرجل الأبيض » وهو الاسم الذى اشتهر به ساحل غانة فى غرب أفريقية حيث تجتمع الحرارة والرطوبة الشديدتان طول السنة . ومن الملاحظات المشهورة أيضا أن كثرة أشعة الشمس وقوتها بالقرب من خط الاستواء تساعد على زيادة سرعة نمو بعض الأجهزة والغدد فى جسم الإنسان ، مما يؤدى إلى انخفاض سن البلوغ عنه فى البلاد ذات المناخ المعتدل أو البارد ، فهو بالنسبة للإناث مثلا يقع بين سن الحادية عشرة والرابعة عشرة عند خط الاستواء وبين الثالثة عشرة والسادسة عشرة فى الأقاليم المعتدلة ، وبين الخامسة عشرة والثامنة عشرة فى الأقاليم القطبية[1] .

ويلاحظ كذلك أن سكان الأقاليم القطبية محرومون تماما من أشعة الشمس خلال فترة من السنة يزداد طولها كلما اقتربنا من القطب ، الذى تنقسم السنه عنده بصفة عامة إلى فصلين ، هما فصل صيف طويل لاتغيب فيه الشمس مطلقا لمدة قد تصل إلى ستة أشهر ، وفصل شتاء مظلم قد يستمر ستة أشهر كذلك . ويتعرض الإسكيمو الذين يعيشون فى تلك العروض والرحالة الذين قد يصلون إليها خلال هذا الفصل المظلم لبعض الأمراض التى تنشأ نتيجة لحرمان الجسم من أشعة الشمس ، ومن أهمها فقر الدم (الأنيميا) والأرق وعسر الهضم ولين العظام Rickets وغيرها .

ولكن إذا كان مناخ بعض الأقاليم يساعد على انتشار أنواع معينة من الأمراض فقد ثبت من ناحية أخرى أن هناك أنواعا من المناخ تساعد على علاج بعض الأمراض المشهورة ، حتى أن « تغيير الهواء » أصبح من أهم وسائل العلاج الحديثة التى ينصح بها الأطباء ، فقد تبين مثلا أن هواء الجبال يساعد

(١) Lebon, J.H.G., « an Introduction to Human Geography », 1952, P. 4, 3

كثيرا على علاج أمراض الرئة ، وذلك بسبب تخلخله ونقائه وانخفاض نسبة الرطوبة به ، كما تبين أن هواء الصحراء يساعد على علاج أمراض القلب ، وهو يشبه هواء الجبال فى نقائه كما أنه يمتاز بجفافه ، ولكنه أقل تخلخلا من هواء الجبال مما يجعله أقل إجهادا للقلب[1] .

والمعروف أن الجسم البشرى يتأثر تأثرا مباشرا بتقلبات الجو خصوصا مايتعلق منها بارتفاع الحرارة أو انخفاضها ، ولكن مهما زادت التغيرات الحرارية فمن الثابت أن درجة حرارة الجسم تظل ٣٧° مئوية ، وأنها إذا ارتفعت عن ذلك بأكثر من أربع درجات فقد تتعطل معظم أجهزة الجسم الحساسة وغالبا ماتحدث الوفاة إذا وصل الارتفاع إلى خمس درجات ، بينما يستطيع الجسم من ناحية أخرى أن يتحمل انخفاضا قد يصل إلى عشر درجات مئوية ، بمعنى أن الإنسان يمكنه أن يظل حيا حتى ولو انخفضت درجة حرارته إلى ٢٧° . ولكى يظل الجسم البشرى محافظا على معدل درجة حرارته وهى ٣٧° مئويه زوده الله جلت قدرته بوسائل متعددة لحفظ التوازن بين درجة حرارته ودرجة حرارة الجو المحيط به ، ففى الجو الحار يستطيع الجسم أن يتخلص من الحرارة التى تزيد فيه (بسبب عمليات الاحتراق التى تحدث به أو بسبب ارتفاع درجة حرارة الجو) بواسطة العرق الذى يؤدى تبخره إلى خفض درجة حرارة الجلد ، أما فى الجو البارد فان الجسم يحاول الاحتفاظ بحرارته عن طريق تقلص الاوردة والشرايين الملاصقة للجلد مما يقلل من اندفاع الدم فيها ووصوله إلى السطح حيث تتعرض حرارته للضياع بملامسة الجلد للجو البارد ، وبهذا الشكل تحتفظ الأعضاء الداخلية بحرارتها ، أما سطح الجلد والأطراف فقد تزداد برودتها بدرجة تؤدى إلى حدوث قشعريرة بها . والمعروف أن الدورة الدموية هى التى توزع الحرارة على مختلف أجزاء الجسم .

---

(١) Miller A. Austin, « Climatology, » 4th., 1944, p. 4.

٢

الغلاف الجوى

٢ ــ ١ ــ تركيبه

٢ ــ ٢ ــ طبقاته

٢ ــ ٣ ــ قياس عناصره المناخية

أولا ــ قياسها فى الطبقات العليا

ثانيا ــ قياسها فى الطبقة السفلى (المجاورة لسطح الأرض)

ثالثا ــ مواصفات المرصد الجوى البسيط .

٢
الغلاف الجوى
Atmosphere

٢ ـ ١ ـ تركيبه :

الغلاف الجوى (أو الجو) هو الغلاف الغازى ، الذى يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، وهو يتكون فى قطاعه الأسفل القريب من سطح الأرض من الهواء الحقيقى ، الذى يتركب ، وهو جاف ونقى ، من عدة عناصر غازية متحدة مع بعضها بنسب معينة ، وأهمها النيتروجين (الأزوت) والأكسوجين اللذان يشكلان معا حوالى ٩٩٪ من حجم الهواء (٧٨٪ نيتروجين و ٢١٪ اكسوجين) ، أما الباقى وقدره ١٪ فتشترك فيه مجموعة من العناصر الأخرى أهمها الأرجون Argon (٠,٨٪) وثانى أوكسيد الكربون (٠٣و٪) والأيدروجين Hydrogen (٠,٠١٪) وعدد آخر من الغازات التى توجد بنسب ضئيلة جدا مثل النيون والأوزون .

والنسب المذكورة لتركيب الهواء ثابتة تقريبا فى كل مكان عند سطح الأرض ، باستثناء ثانى أوكسيد الكربون الذى يتغير تغيرا بسيطا على حسب توفر مصادره وأهمها عمليات الاحتراق والتلوث فى المناطق الصناعية والمدن المزدحمة . وينطبق هذا أيضا على عنصر الأوزون ، وهو شكل من الأشكال التى يتحول إليها الأكسوجين ، إذ أن نسبته تتغير تغيرا بسيطا مع تغير الأحوال الجوية ، حيث ترتفع نوعا ما فى الجو المضطرب عنها فى الجو الساكن . وقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن نسبته قد تناقصت فى الوقت الحاضر وصغر سمك الطبقة التى يوجد فيها بسبب تزايد ملوثات الهواء .

وعلى العموم فإن تركيب الهواء يتغير تدريجيا كلما زاد الارتفاع حيث تتناقص نسب عناصره الثقيلة وهى النيتروجين والأكسوجين وثانى أوكسيد الكربون ، بينما تتزايد نسب عناصره الخفيفة مثل الأيدروجين والهيليوم والنيون . ولكنها لاتلبث هى الأخرى أن تتناقص فى القطاعات العليا حتى تختفى تقريبا على ارتفاع يتراوح بين ٣٠٠ و ٥٠٠ كم ، وهو أعلى ارتفاع للغلاف الجوى .

ويقدر على وجه الإجمال أن حوالى ٥٠٪ من الوزن الكلى للغازات التى يتألف منها الغلاف الجوى تتجمع فى قطاعه الأسفل حتى ارتفاع ستة كيلومترات وأن ٢٥٪ من هذا الوزن توجد فى الستة كيلومترات والنصف التى تعلو ذلك .

وعلى الرغم من أن الهواء يتركب أساسا من العناصر الغازية السابقة فإنه يحتوى أيضا على نسب متباينة من الغبار وبخار الماء ، وهى مواد عالقة تتباين كمياتها ومعدلاتها من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر على حسب توفر مصادرها ، وهى تتناقص بصفة عامة ، وخصوصا الغبار ، كلما زاد الارتفاع .

ولكل من بخار الماء والغبار أهمية مناخية خاصة ، فبخار الماء هو مصدر كل مظاهر التكثف من سحب وأمطار وضباب وثلج وندى وصقيع ، وتتباين نسبته فى الهواء من مكان إلى آخر على حسب توفر مصادره ، وأهمها المسطحات المائية التى يؤدى تبخر مياهها إلى زيادة نسبة الرطوبة (بخار الماء) فى الهواء ، فإذا ماانتقل هذا الهواء إلى مناطق أخرى فإنه ينقل معه مايحمله من بخار ، فإذا ماصادف ظروفا تساعد على تكثفه وسقوطه بأية صورة من الصور فإنه يعود إلى الأرض لينتهى مرة أخرى إلى البحر ، فتتم بذلك الدورة المائية المعروفة .

أما الغبار فيتكون بمعناه العام من كل الجزيئات والحبيبات الصلبة التى يحملها

الهواء،وأهمها جزيئات الأتربة والرمال الناعمة وحبوب اللقاح المتطايرة من الأشجار وجزيئات النباتات الجافة والغبار الذى ينطلق من فوهات البراكين .

ويعتبر الغبار من أهم الملوثات الطبيعية للهواء ، كما أنه هو مصدر النويات التى يتكثف عليها بخار الماء فى الجو . وأنه يساعد الهواء على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس أثناء النهار وعلى سرعة فقدانها بالإشعاع أثناء الليل . وهو يشترك مع بخار الماء فى إحداث بعض الظاهرات الضوئية المعروفة مثل الشفق الذى يظهر عادة عند غروب الشمس وأحيانا عند شروقها .

٢ ـ ٢ ـ طبقات الغلاف الجوى (شكل ١) :

نظرا للطبيعة الغازية للغلاف الجوى واختلاف كثافة العناصر التى يتكون منها والمواد العالقة به ، وارتباطه بالجاذبية الأرضية فإن كثافته تتناقص كلما زاد الارتفاع بسبب تناقص غازاته الكثيفة وتناقص المواد العالقة به فيأخذ نتيجة لذلك فى التخلخل والانتشار ولاتبقى به فى مستوياته العليا التى يزيد ارتفاعها على ٢٠٠ كيلومتر إلا بعض الغازات الخفيفة التى تتلاشى بدورها تدريجيا حتى تختفى فى منطقة التقائه بالفضاء .

ويترتب على التغير الذى يطرأ على تركيب هذا الغلاف وكثافته نتيجة لتزايد الارتفاع تغير فى خصائصه الضوئية والحرارية والكهرومغناطيسية . وعلى الرغم من أن التغير يحدث عادة ببطء وبالتدريج فقد أمكن تقسيم هذا الغلاف إلى عدة طبقات لكل منها خصائص معينة ، ولكنها تتداخل فى بعضها تداخلا تدريجيا بحيث لايسهل وضع حدود واضحة لكل منها ، ولهذا فإن مايفصلها عن بعضها عبارة عن مناطق انتقالية تختلط فيها صفاتها وليس لها بدورها حدود واضحة .

وكأى مادة غازية فإن الهواء الذى يشكل الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ، يتميز بسهولة التحرك فى كل الاتجاهات ، وبأنه قابل للانضغاط والانكماش ، وبأنه قابل للتمدد والانتشار،وهو دائم التحرك والانتقال ، سواء

على نطاق واسع بين مختلف الأقاليم ، أو فى حدود ضيقة بين الأماكن المتجاورة .

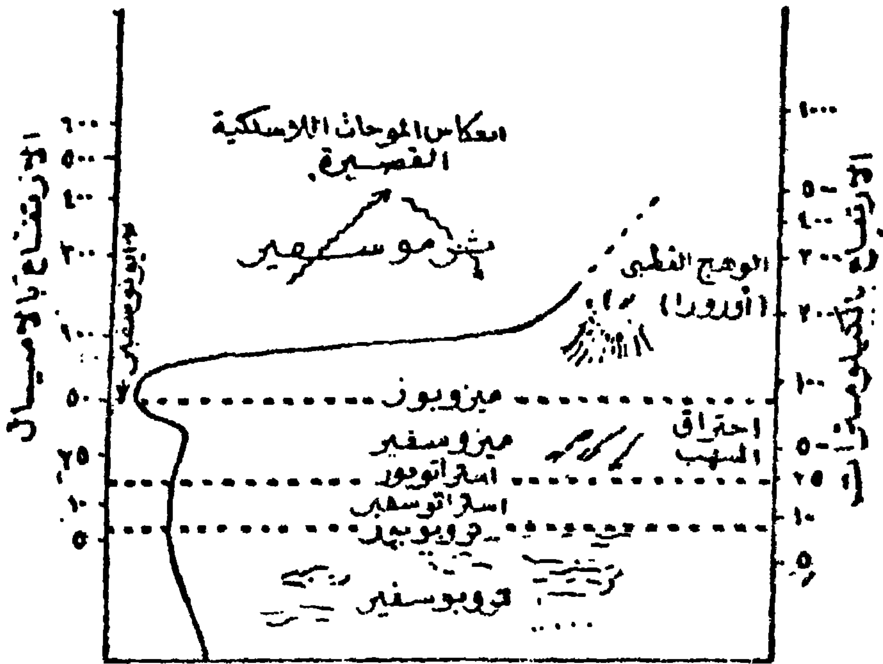
وعلى الرغم من أن صفات الهواء تتغير أفقيا ورأسيا تغيرا واضحا فمن غير الممكن وضع حدود واضحة بين أنواعه المختلفة ، لأن هذه الأنواع تتداخل فى بعضها تداخلا تدريجيا بحيث تظهر عادة مناطق انتقالية بين الأنواع المتجاورة . ولهذا فإن الحدود الخطية التى ترسم على الخرائط أو فى الأشكال التوضيحية بين طبقات الجو ، أو بين الكتل الهوائية المختلفة ، أو بين الأنواع المناخية لاتمثل فى الواقع حدودا بمعنى الكلمة .

ومن السهل تتبع التغير الرأسى الذى يطرأ على خصائص الغلاف الجوى وتركيبه إذا ماارتفعنا فيه من سطح الأرض إلى أعلى بحيث يمكن تقسيمه إلى طبقات متداخلة بعضها فى بعض ، وأول هذه الطبقات هى طبقة التروبوسفير Troposphere التى يتراوح سمكها بين ٨ و ١٨ كيلومترا . وفيها يتجمع معظم الهواء بمعناه المعروف ، كما تحدث فيها معظم الظاهرات الجوية التى لها علاقة مباشرة بمناخ الأرض . وفيها يتدرج الهواء فى تركيبه وكثافته ودرجة حرارته إلى أعلى .

وتستأثر طبقة التروبوسفير وحدها بنحو ٧٥٪ من وزن الغلاف الجوى كله ، وفيها توجد كل الغازات الثقيلة التى تدخل فى تركيب الهواء ، وأهمها النيتروجين والأكسوجين وثانى أوكسيد الكربون ، وكل المواد العالقة بالهواء وهى بخار الماء والغبار . وكلما ارتفعنا فى هذه الطبقة تناقصت هذه الغازات وهذه المواد وقلت كثافة الهواء وتناقصت درجة حرارته ، كما تتناقص درجة الحرارة فيها تناقصا عاما كلما اتجهنا من خط الاستواء نحو القطبين ، وتتداخل طبقة التروبوسفير هذه تدريجيا فى الطبقة التى فوقها ، وهى طبقة الاستراتوسفير Stratosphere ، وتوجد بينهماطبقة انتقالية هى الاستراتوبوز Stratopause . ويتميز الاستراتوسفير بشدة برودته حتى أن درجة حرارته تصل إلى -٥٠°م ولكنها لاتتناقص بالارتفاع وفى هذه الطبقة تنعدم تقريبا

الغازات الثقيلة والمواد العالقة ، وعلى العكس مما يحدث فى الطبقة السفلى أى التروبو سفير ، فإن درجة الحرارة تتزايد فى الاستراتو سفير كلما اتجهنا من خط الاستواء نحو القطبين . وتتداخل هذه الطبقة بدورها تداخلا تدريجيا فى الطبقة التى فوقها وهى طبقة الميزوسفير Mesosphere . وتفصل بينهما طبقة انتقالية يطلق عليها اسم استراتوبوز Stratopause . وتبقى درجة الحرارة شديدة الانخفاض فى طبقة الميزوسفير ، ويتزايد انخفاضها بسرعة فى أجزائها العليا حتى تصل إلى أقل من — ٧٠°. وفى هذه الطبقة تحترق آلاف الشهب التى تندفع يوميا من الفضاء نحو الأرض .

وفى الطبقات الأعلى من الجو تتداخل طبقة الميزوسفير فى طبقة الأيونوسفير Ionosphere من خلال طبقة انتقالية يطلق عليها اسم الميزوبوز Mesopause . وفيها تأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع بسرعة ثم تواصل ارتفاعها السريع فى الأيونوسفير ، وهنا تحدث بعض الظاهرات الضوئية المعروفة وأهمها ظاهرة الشفق أو الوهج القطبى أو « الأورورا Aurora » . وهى تظهر قرب الدائرة القطبية بشكل ستائر من الأشعة الملونة التى تتدلى نحو الأرض . ويتدرج الأيونوسفير إلى أعلى حتى يتداخل فى أعلى طبقات الغلاف الجوى وهى الترموسفير Thermosphere أى الغلاف الحرارى ، وهو غلاف انتقالى نحو الفضاء،وفيه ترتفع درجة الحرارة إلى ١٠٠٠° أو أكثر،وفيه تنعكس الموجات اللاسلكية القصيرة التى تنطلق من الأرض فتعود إليها مرة أخرى حيث يمكن أن يلتقطها جهاز المذياع .



شكل (١) طبقات الغلاف الجوي

٢ ـ ٣ ـ قياس عناصر الجو المناخية :

اولا ـ قياسها فى الطبقات العليا :

رغم أن مايهمنا فى دراسة المناخ هو قياس العناصر المناخية فى التروبوسفير بصفة عامة وفى الهواء المجاور لسطح الأرض بصفة خاصة بسبب مالها من علاقات مباشرة وغير مباشرة بكل المظاهر الطبيعية والحيوية والبشرية على سطح الأرض فإن قياس نفس هذه العناصر فى أعلى الجو وخصوصا فى أعلى التروبوسفيرمهم هو الآخر لدراسة الدورة الهوائية العامة وحركات السحب والتنبؤات الجوية وحركات الطيران ورحلات الفضاء وغيرها .

ومن الواضح أن طرق قياس العناصر المناخية فى أعلى الجو تختلف عن طرق قياسها فى أسفله ، فبالنسبة لقياس العناصر المناخية فى أعلى الجو يستخدم عادة جهاز معروف باسم « الراديو سوند Radio Sonde » . وهو عبارة عن جهاز فى حجم الراديو الصغير ، وبه أجهزة تسجيل وإرسال لقياس الضغط الجوى والحرارة وغيرهماوإرسال نتائج القياس إلى محطة الاستقبال على الأرض . ويعلق هذا الجهاز فى بالون مملوء بالأيدروجين أو الهيليوم ليكون أخف من الهواء فيستطيع الارتفاع إلى مستويات عالية . ولكن المستويات التى يمكن قياس عناصرها بهذا الجهاز لاتزيد غالبا على ٣٥ كيلومترا . أما المستويات الأعلى من ذلك فكانت المعلومات الخاصة بها مبينة على الحساب والاستنتاج . إلا أن تقدم أبحاث الفضاء واستخدام الأقمار الصناعية قد ساعد على توفير كثير من المعلومات المحققة عن هذه المستويات .

وتدور حول الأرض فى الوقت الحاضر عدة أقمار صناعية متيورولوجية Meteosats لإرسال كل مايمكن إرساله من بيانات عن مختلف عناصر الجو المتيورولوجية ، فهى ترسل مثلا صورا للسحب والأمطار التى تظهر فى مناطق واسعة ، كما ترسل بيانات عن الإشعاع الشمسى والضغط الجوى ودرجة

الحرارة وحركات الرياح ونشأة الأعاصير وغيرها .

وبالإضافة إلى الأقمار الصناعية التي تدور باستمرار حول الأرض تستخدم كذلك أقمار ثابتة فوق أماكن معينة لتصوير كل مايمر في مجالها من ظاهرات جوية في مساحات شاسعة من الغلاف الجوى بل وعلى سطح الأرض .

ثانيا ــ قياسها في الطبقة السفلى (المجاورة لسطح الأرض) :

تعتمد دراسة المناخ في أي منطقة على القياسات التي تقوم بها المراصد الجوية لعناصر الجو المناخية المختلفة ، وأهمها الاشعاع الشمسى ودرجات الحرارة والضغط الجوى والرياح والتبخر والمطر وغيرها . ويوجد في العالم في الوقت الحاضر العديد من محطات الأرصاد الجوية التي تزيد كثافتها بصفة خاصة في الدول المتقدمة عنها في الدول النامية ، وخصوصا الدول النامية الفقيرة التي مازالت مساحات واسعة منها مفتقرة إلى الرصد الجوى ، وحتى المراصد التي أسست بها لم تمض على تأسيسها إلا سنوات قليلة ، ولهذا فإن المتوسطات المتوفرة فيها لعناصر المناخ لاتغطى الفترة المتفق عليها دوليا لحساب المعدلات المناخية وهى ثلاثون سنة .

وتتباين محطات الأرصاد الجوية في مراتبها ، فمنها محطات رئيسية تتلقى نتائج الأرصاد من مجموعة من المحطات الأصغر منها والمنتشرة في منطقة واسعة ولتكن دولة بأكملها ، وبعد أن تتلقى المحطة الرئيسية نتائج الأرصاد من المحطات التابعة لها تقوم باستخراج معدلاتها ونشرها ، كما تقوم باستخدامها في رسم خرائط الطقس وعمل التنبؤات الجوية .

وبالإضافة إلى قياس عناصر المناخ قرب سطح الأرض فإن المحطات الرئيسية تقوم كذلك بقياس هذه العناصر في المستويات الجوية الأعلى بواسطة جهاز الراديو سوند الذى سبقت الإشارة إليه ، والذى يطلق عادة مرة كل يوم حوالى منتصف النهار ليقيس عناصر المناخ في قطاع رأسى ابتداء من سطح

الأرض حتى أقصى ارتفاع يستطيع أن يرتفع إليه ، وهو لايزيد عادة عن ٣٥ كيلومترا .

ثالثا ــ أجهزة الرصد ومواصفات المرصد الجوى البسيط :

تضم أجهزة الرصد الجوى فى الوقت الحاضر أنواعا متعددة بعضها تقليدى بسيط وبعضها حديث ومعقد ، وإن مايهمنا هنا هو الأجهزة البسيطة التى تستخدم عادة فى كل المراصد ومنها المراصد التعليمية ومراصد محطات البحوث الزراعية ومناطق تخزين المياه وغيرها .

والأجهزة المستخدمة فى هذه المراصد على نوعين هما :

١ ــ أجهزة تقرأ نتائج القياس عليها بواسطة الراصد أو غيره ، وتشمل كل أنواع الترمومترات ، والبارومترات ، والهيدرومترات (أجهزة قياس المطر) والهيجرومترات (أجهزة قياس الرطوبة) وأجهزة قياس التبخر .

٢ ــ أجهزة تسجيل أوتوماتيكية ، وهى تسجل نتائج القياس باستمرار بالرسم البيانى على خرائط خاصة . ومن أهم مميزات هذه الأجهزة أن نتائجها ليست معرضة للأخطاء البشرية ، وأنها تعطى تسجيلات مستمرة للعناصر المناخية بحيث يمكن حفظ خرائطها فى سجلات خاصة للرجوع إليها والاستفادة بها فى أى وقت ، ومن أشهر هذه المسجلات مسجل الضغط الجوى (الباروجراف) ، ومسجل درجة الحرارة (الترموجراف) ومسجل الرطوبة (الهيجروجراف) وجهاز تسجيل سرعة الرياح (الأنيمومتر) وأجهزة قياس المطر .

وباستثناء أجهزة قياس الضغط الجوى التى لايشترط وضعها فى المرصد نفسه ، بل توضع عادة فى إحدى الحجرات المجاورة له فإن كل الأجهزة الباقية تقريبا توزع بترتيب خاص على المساحة المخصصة للمرصد . ولكن بينما يشترط لبعضها أن يكون معرضا للجو مباشرة مثل أجهزة قياس المطر والإشعاع

الشمسى والوعاء المستخدم لقياس التبخر فإن بعضها الآخر يجب أن يوضع فى داخل كشك خاص Screen يحميه من الشمس والرياح ولكن لايفصله تماما عن الجو ، وأهم هذه الأجهزة هى أجهزة قياس درجات الحرارة (الترمومترات ، والترموجراف) ، وأجهزة قياس رطوبة الهواء .

وأهم مواصفات المرصد البسيط هى :

١ ــ ان تكون أرضه مستوية ، وبعيدة عن أى مبان أو أشجار أو أى عوائق أخرى تؤثر على حركة الرياح وتوزيع أشعة الشمس على المرصد . والمعتاد هو أن تكون مساحة القطعة التى يقام عليها المرصد هى ٦ × ٩ أمتار .

٢ ــ على الرغم من أن أكشاك الرصد المخصصة لحفظ أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة قد تتباين فى أحجامها فإنها يجب أن تشترك فى مواصفات خاصة هى :

أ ــ أن توضع بحيث تكون مرتفعة ارتفاعا كافيا عن الأرض حتى لاتتأثر درجة الحرارة بداخلها بالإشعاع الأرضى أو بالغطاء النباتى أو الجليدى إن وجد ، والمعتاد هو أن يكون البعد بين قاعدة الكشك وسطح الأرض حوالى ١٤٠ سنتيمترا .

ب ــ أن يكون بابه متجها نحو الشمال (فى نصف الكرة الشمالى) حتى لاتدخله الشمس عند فتحه فتؤثر على الأجهزة .

جـ ــ أن تكون جوانبه وبابه مصنوعة من الخشب المزدوج (مثل شيش النوافذ) حتى لاتسخن هذه الجوانب عند سقوط أشعة الشمس عليها ، كما تسمح فى نفس الوقت بتهويته .

٣ ــ من الممكن أن يضم المرصد ترمومترات خاصة لقياس درجات حرارة التربة على أعماق مختلفة وقياس درجة حرارة سطح الحشائش .

٣

الإشعاع الشمسى

٣ ــ ١ ــ تعريف الإشعاع الشمسى ونصيب الأرض منه .

٣ ــ ٢ ــ تركيبه .

٣ ــ ٣ ــ حساب الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض .

أ ــ الطاقة الإشعاعية على سطح الغلاف الجوى .

ب ــ الطاقة الإشعاعية المنتشرة Diffuse radiation .

جـ ــ تأثير الغلاف الجوى على الطاقة الإشعاعية .

د ــ الميزانية الحرارية للأرض .

٣ ــ ٤ ــ التوزيع الجغرافى للإشعاع الشمسى .

٣ ــ ٥ ــ قياس الإشعاع الشمسى كعنصر من عناصر المناخ .

٣
الإشعاع الشمسى
Solar Radiation

٣ ــ ١ ــ تعريف الإشعاع الشمسى ونصيب الأرض منه :

الإشعاع الشمسى بمعناه العام Solar Radiation هو الطاقة الإشعاعية التى تطلقها الشمس فى كل الاتجاهات ، والتى تستمد منها كل الكواكب التابعة لها وأقمارها كل حرارة أسطحها وأجوائها ، وهى طاقة ضخمة جدا يقدرها البعض بنحو ١٧٠ الف حصان لكل متر مربع من سطح الشمس ، ولكن الأرض لايصيبها إلا حوالى جزء من ألفى مليون جزء من هذه الطاقة ، وهذا القدر الضئيل هو المسئول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوى ، وهو الذى نقصده عادة عند الكلام على الإشعاع الشمسى كعنصر من عناصر المناخ ، ويطلق عليه لفظ « إنسوليشن Insulation »*.

٣ ــ ٢ ــ تركيبه :

يتكون الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض (الانسوليشن) من عدة أنواع من الأشعة المختلفة فى ألوانها وأطوال موجاتها وخصائصها وعلاقاتها بجو الأرض وسطحها ومايحدث فيهما من عمليات طبيعية وكيميائية وحيوية ، وبما يعيش على الأرض من كائنات حية بمختلف الأشكال والأنواع .

فمن حيث ألوانها فإن الأشعة الشمسية الواصلة إلى جو الأرض تضم كل

---

* كلمة Insulation مكونة من ثلاثة مقاطع يشمل المقطعان الأولان منها الحرفين الأولين من كلمتى Incoming و Solar ، بينما يشمل المقطع الثالث الحروف الأخيرة من كلمة Radiation

ألوان الطيف التى تظهر عند تحليل هذه الأشعة بواسطة منشور زجاجي أو عند سقوطها على السحب العالية وظهورها بشكل قوس ضوئى ملون يعرف باسم قوس قزح Rainbow . وأهم ألوانه هى الألوان البنفسجية ، والزرقاء ، والخضراء ، والصفراء ، والحمراء . وإن امتزاج هذه الألوان ببعضها بعد احتجاز بعضها فى أعلى الجو مثل بعض الأشعه الزرقاء والأشعه فوق البنفسجيه هو الذى يكون ضوء الشمس .

أما من حيث طول الموجات فإن أطول الموجات هي موجات الأشعة تحت الحمراء وطولها ٠,٧ ميكرون ، والأشعة الضوئية وطولها كذلك ٠,٧ ميكرون ، أما أقصرها فهى الأشعة فوق البنفسجية التى يقل طول موجاتها عن ٠,٤ ميكرون* ، وفيما بين هاتين النهايتين فإن الأشعة المرئية التى يتكون منها ضوء الشمس موجاتها متوسطة . وهى أكثر الأشعة تأثيرا على حرارة الأرض[1] . وعندما تصل أشعة الشمس عموما إلى سطح الأرض فإنه يمتص بعضا منها ويحوله من موجات قصيرة إلى طاقة حرارية طويلة الموجات تنتقل وتتوزع رأسيا وأفقيا لتزود جو الأرض بالوقود اللازم لكل العمليات التى يتضمنها الطقس والمناخ ، والتى ينتج عنها تباين الأحوال الحرارية من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر .

٣ ـ ٣ ـ حساب الطاقه الإشعاعيه الواصلة إلى الأرض

أ ـ الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى أعلى الغلاف الجوى :

إن معظم الطاقة الإشعاعية التى تنطلق من الشمس تكون بشكل موجات كهرومغناطيسية تصل إلى أعلى الغلاف الجوى بشكل موجات قصيرة ، وتتوقف كميتها على عاملين رئيسين هما : المعامل الشمسى الثابت Solar Constant والبعد بين الأرض والشمس . ومن المفروض أن نفس هذه الكمية

* الميكرون : ١/ ١٠٠٠ من المليمتر .

(١) Critchfield (١٩٦٦) op. cit. p. 14

هى التى كان من الممكن أن تصل إلى سطح الأرض إذا لم يعترضها الغلاف الجوى.

والمقصود بالمعامل الشمسى الثابت هو الطاقة الإشعاعية الثابتة التى تقع على ١ سم٢ من السطح العلوى للغلاف الجوى إذا ماسقطت عليه بشكل عمودى عندما تكون الأرض واقعة على بعدها المتوسط من الشمس وهو ١٤٨ مليون كيلومتر (٩٣ مليون ميل) . ومن الحسابات التى أجراها بعض الباحثين تبين أن هذا المعامل الثابت هو ١٣,٩٤ سعر/ سم٢ / دقيقة(١) .

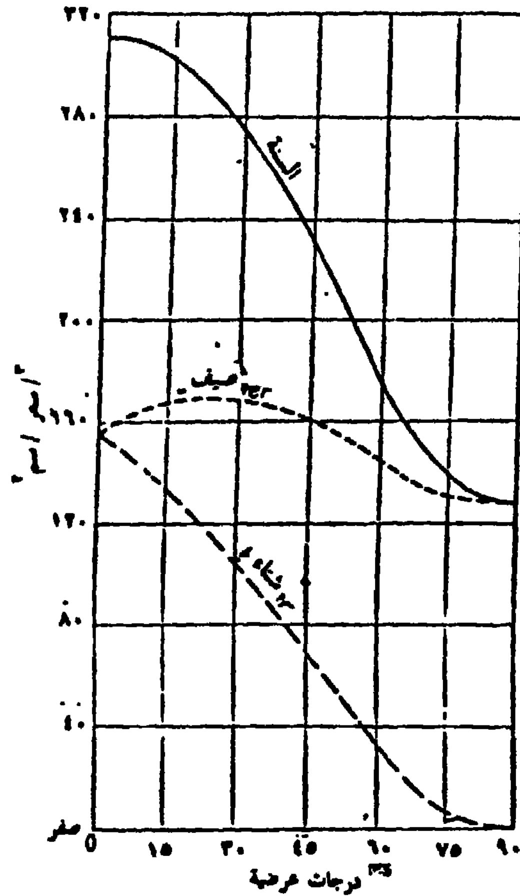
ولكن على الرغم من وصف هذا المعامل بأنه ثابت Constant فإنه ليس فى الواقع ثابتا تماما بسبب مايطرأ على سطح الشمس نفسها من تغيرات تترتب عليها تغيرات فى الطاقة الإشعاعية المنطلقة منها ، وبسبب اختلاف بعد الأرض عن الشمس فى الصيف عنه فى الشتاء ، فالمعروف أن هذا البعد يبلغ أدناه فى أول شهر يناير حيث يبلغ ١٤٦,٤ مليون كيلومتر (٩١,٥ مليون ميل) ، وعندئذ تكون الشمس فى موضع الرأس بالنسبة للأرض Perihelion ، ثم يبلغ أقصاه فى أول شهر يوليو حيث يبلغ ١٥١,٢ مليون كيلومتر (٩٤,٥ مليون ميل) ، وتكون الشمس عندئذ فى نقطة الذنب Aphelion ، ونتيجة لهذا فإن الطاقة الشمسية التى تصل إلى أعلى جو الأرض تكون فى الحالة الأولى أى فى يناير ٢,٠١ سعر / سم٢ / دقيقة . ومع ذلك فإن هذا الاختلاف ليس له تأثير مناخى يذكر بسبب تدخل العوامل الأخرى التى تؤثر على كمية الأشعة وقوتها وأهمها طول المسافة التى تقطعها الأشعة عند اختراقها للغلاف الجوى ، والزاوية التى تسقط بها على الأرض ، ودرجة صفاء الجو ومقدار مابه من سحب وغبار وبخار ماء ، وطول النهار بالنسبة لطول الليل .

ونظرا لأن مساحة سطح الكرة تعادل أربعة أمثال مساحة مقطعها العرضى فإن معدل الطاقة الإشعاعية التى تسقط على سطح سنتيمتر مربع من مقطع

(١) Haurwitz, B. & Austin, J. M. (1944) "Climatology", N.Y. p 5

(٢) Wienser, C.J. (1970) , Op Cit P. 11

أفقى من سطحها فى حالة عدم وجود غلاف جوى ٠,٢٥ س لمعامل الثابت الذى يمثل مايقع على أعلى الغلاف الجوى وهو ١,٩٤ سعر / سم^{٢} / دقيقة أى

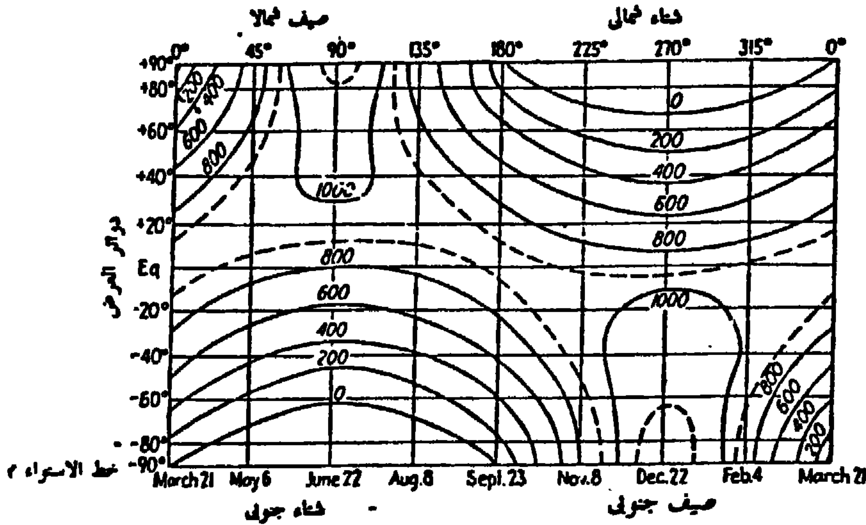


شكل (٢) كميات الإشعاع التى يتلقاها كل ١ سم^{٢} من السطح العلوى للغلاف الجوى (أو من سطح الأرض إذا افترضنا عدم وجود هذا الغلاف) فى فصل الصيف والشتاء وفى السنة على دوائر العرض المختلفة .

يكون ١,٩٤ ÷ ٤ = ٠,٤٨٥ سعر/سم٢ / دقيقة

ويبين شكل (٢) كميات الإشعاع التى يتلقاها كل ١ سم٢ من السطح العلوى للغلاف الجوى (أو من سطح الأرض إذا افترضنا عدم وجود هذا الغلاف) فى فصلى الصيف والشتاء وفى السنة، وذلك على دوائر العرض المختلفة[٢] ومنه يتبين أن قمة الإشعاع السنوى. توجد على خط الاستواء وأدناها عند القطب، ولكن هذه القمه تتزحزح فى فصل الصيف إلى خط عرض ٢٣°، أما فى فصل الشتاء فيكون هناك تناقص تدريجى فى الإشعاع من خط الاستواء إلى القطب.

ويبين شكل (٣) توزيع المعدلات اليومية للإشعاع الشمسى فى حالة عدم وجود غلاف جوى على دوائر العرض المختلفة فى تواريخ معينة، وهو يوضح بخطوط «الإشعاع الشمسى المتساوى» المحسوب بالسعرات على كل سنتيمتر مربع



شكل (٣)

توزيع المعدلات اليومية للإشعاع الشمسى على دوائر العرض المختلفة على فرض عدم وجود غلاف جوى فى تواريخ معينة .

---

(١) Haurwitz & Austin, op cit p.6

(٢) Ibid P

فى اليوم . ومن هذا الشكل يتضح أن قمة الإشعاع فى فصل الصيف توجد فى الأقاليم القطبية وأن حده الأدنى ، وهو صفر ، يوجد فى نفس الأقاليم فى الشتاء . وإلى جانب قمة الإشعاع الصيفية القطبية تظهر قمة أخرى ثانوية فى نفس الفصل بين دائرتى عرض ٤٠° و ٥٠° فى نصفى الكرة ، كما يمثلها خط الأشعة المتساوى ١٠٠٠ سعر . وتتميز الأقاليم المحصورة بين المدارين بوجود قمتين للاشعاع نتيجة لتعامد الشمس عليها مرتين أثناء تحركها نحو الشمال فى فصل الصيف (الشمالى) وإلى الجنوب فى فصل الشتاء .

ويبين الجدول (١) معدل كمية الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى أعلى الغلاف الجوى (أ) وكمية الإشعاع التى تصل إلى سطح الأرض بعد اختراق الغلاف الجوى (ب) على بعض دوائر العرض فى الانقلابين والاعتدالين .

جدول (١) معدل كمية الإشعاع الشمسى التى تصل إلى أعلى الغلاف الجوى (أ) ، وكمية الإشعاع التى تصل إلى سطح الأرض بعد اختراق هذا الغلاف (ب) على دوائر العرض المختلفة فى التواريخ التى تمثل الاعتدالين والانقلابين (بالسعرات / سم٢ / دقيقة)(١) .

	صفرــ١٠	١٠ــ٢٠	٢٠ــ٣٠	٣٠ــ٤٠	٤٠ــ٥٠	٥٠ــ٦٠	٦٠ــ٩٠
٢١ ديسمبر أ	٠,٥٤٩	٠,٤٦٥	٠,٣٧٣	٠,٢٧٤	٠,١٧٣	٠,٠٧٩	٠,٠٠٦
ب	٠,١٦٤	٠,١٦١	٠,١٣٤	٠,٠٨٢	٠,٠٣٦	٠,٠٢٣	٠,٠٠١
٢١ مارس أ	٠,٦١٩	٠,٦٠١	٠,٥٦٣	٠,٥٠٩	٠,٤٤١	٠,٣٥٨	٠,٢١١
ب	٠,١٩١	٠,٢٢٤	٠,٢٠٦	٠,١٦١	٠,١١٦	٠,٠٩٦	٠,٠٥٥
٢١ يونيو أ	٠,٥٧٩	٠,٦٢٩	٠,٦٦٤	٠,٦٨٤	٠,٦٨٩	٠,٦٨٣	٠,٧٠٣
ب	٠,١٤٤	٠,١٧٠	٠,٢١٦	٠,٢٣٣	٠,١٨٣	٠,١٥٩	٠,١٣٣
٢١ سبتمبر أ	٠,٦١٠	٠,٥٩٢	٠,٥٥٦	٠,٥٠٣	٠,٤٣٥	٠,٣٥٣	٠,٢٠٨
ب	٠,١٧٠	٠,١٦٢	٠,٢٠١	٠,١٨٣	٠,١٣١	٠,٠٧٩	٠,٠٢٨

(١) Haurwitz 4 Austin (1944) Ibid. P. 12

ويتبين من هذا الجدول أن الغلاف الجوى يقلل كثيرا من كمية الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى الأرض ، وأنه فى حالة عدم وجوده فإن المناطق القطبيه يكون نصيبها من الأشعة فى وقت الانقلاب الصيفى أكبر منه فى أى نطاق آخر من سطح الكرة الأرضية ، إلا أن وجود الغلاف الجوى وميل الأشعة وطول المسافة التى تقطعها خلاله تقلل من الطاقة الإشعاعية التى تصل إلى الأرض فى هذه المناطق . وبدلا من ذلك فإن النطاق الذى يصيبه أكبر قدر من الأشعة هو النطاق المحصور بين دائرتى العرض ٣٠° و ٤٠° ، وذلك بسبب جفافه وقلة سحبه ، حيث أنه يتفق مع نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى الذى يسود فيه الهواء الهابط الجاف . وإن نفس هذا العامل ، وهو قلة السحب هو السبب فى أن الإشعاع الشمسى فى وقت الاعتدالين يصل إلى قمته فيما بين دائرتى العرض ١٠° و ٢٠° فى الاعتدال الربيعى وفيما بين دائرتى عرض ٢٠° و ٣٠° فى الاعتدال الخريفى . وينطبق هذا عموما على نصفى الكرة الشمالى والجنوبى مع بعض الاختلافات التى ترجع إلى زيادة اتساع الماء بالنسبة لليابس فى النصف الجنوبى ، ومايتتج عنه من زيادة فى كميات السحب .

ب ــ الطاقة الإشعاعية المنتشرة Difuse Radiation

ويقصد بها الإشعاع الذى يمتصه الجو ثم ينتشر منه إلى أعلى وإلى أسفل فيصل بعضه بالانتشار إلى سطح الأرض . ويطلق على هذا الإشعاع أحيانا اسم « الإشعاع السمائى المنتشر Difuse Sky Radiation »(1) . وهو يساهم فى حرارة سطح الأرض بقدر لايقل عن القدر الذى يساهم به الإشعاع الشمسى المباشر . وتزداد مساهمته بصفة خاصة عندما تكون الشمس محتجبة بالسحب . ويبين الجدول رقم (٢) مقدار هذا الإشعاع على حسب الحسابات التى أجراها باور وفيليبس (١٩٣٥) . وبمقارنة هذا الإشعاع بالإشعاع الشمسى المباشر كما حسبه نفس الباحثين (الجدول رقم ١) تتبين أهمية الإشعاع المنتشر من السماء خصوصا فى العروض العليا وفى فصل الشتاء . كما

(١) Critch field, op. cit. p. 15

يتبين أن هذا الإشعاع يمثل حتى فى فصل الصيف نسبة لايستهان بها من الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض ، كما أن توزيعه الفصلى يتشابه مع التوزيع الفصلى للإشعاع الشمسى المباشر الذى يصل كذلك إلى سطح الأرض . ويبدو هذا واضحا بصفة خاصة فى العروض الواقعة بين دائرتى عرض ٦٠° و ٩٠° فى ٢١ يونيو . ففى هذه العروض يزيد الإشعاع السمائى المنتشر عن الإشعاع الشمسى المباشر حتى فى وقت الانقلاب الصيفى بسبب كثرة السحب ، ويستثنى من ذلك وقت الاعتدال الربيعى الذى يزيد أثناءه الإشعاع الشمسى المباشر عن الإشعاع السمائى المنتشر .

جدول (٢) ــ معدلات الاشعاع السمائى المنتشر نحو الأرض على دوائر العرض المختلفة (سعرات / سم٢ / دقيقة)

التاريخ	١٠ــ١٠	٢٠ــ١٠	٣٠ــ٢٠	٤٠ــ٣٠	٥٠ــ٤٠	٦٠ــ٥٠	٩٠ــ٦٠
٢١ ديسمبر	٠,٠٩١	٠,٠٧٩	٠,٠٦٦	٠,٠٥٢	٠,٠٣٤	٠,٠١٦	٠,٠٠١
٢١ مارس	٠,١٠٨	٠,١٠٥	٠,٠٩٩	٠,٠٩٣	٠,٠٨٣	٠,٠٦٦	٠,٠٤٧
٢١ يونيو	٠,١٠٥	٠,١١٤	٠,١٢٤	٠,١٢٥	٠,١٢٦	٠,١٢٢	٠,١٥٣
٢١ سبتمبر	٠,١٠٧	٠,١٠٤	٠,٠٩٧	٠,٠٩١	٠,٠٨١	٠,٠٦٥	٠,٠٤٨

المصدر : Hautwistz & Austin (1944), P. 14

جـ ــ تأثير الغلاف الجوى على الطاقة الإشعاعية :

إن الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى أعلى الغلاف الجوى لايستطيع أن يصل كله إلى سطح الأرض ، لأن نسبة كبيرة منه تفقد عند اختراقها لهذا الغلاف نتيجة لارتداد بعضه إلى الفضاء بواسطة « الألبيدو الأرضى » وامتصاص بعض آخر منه فى الجو بواسطة المواد العالقة وغاز ثانى أوكسيد الكربون .

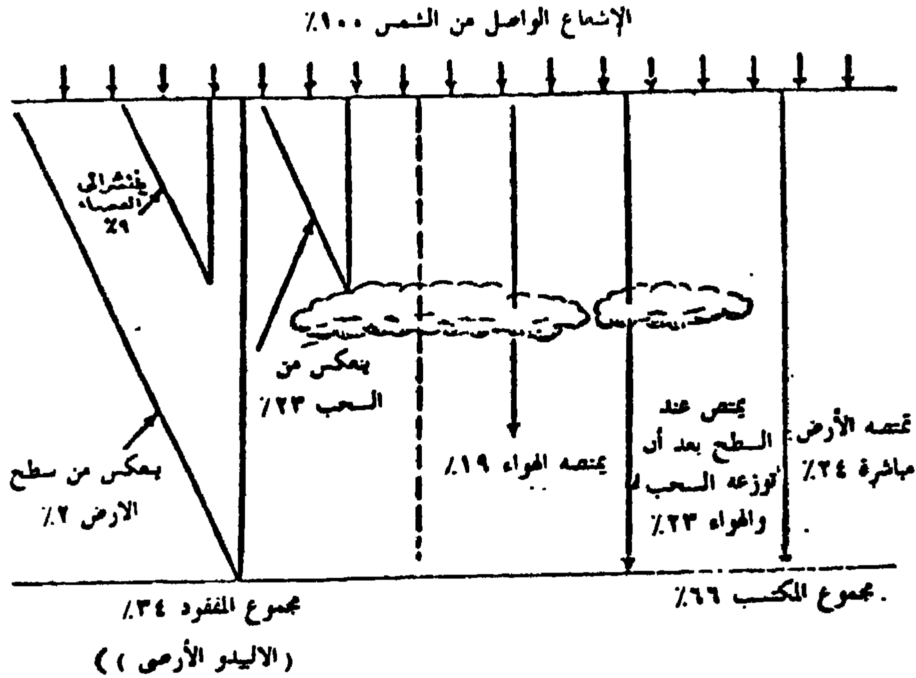
والمقصود بالألبيدو الأرضى Earth's Albedo هو نسبة مايرتد من الأشعة الشمسية نحو الفضاء دون أن يؤثر على جو الأرض أو على سطحها ، وأهم العوامل التى تؤدى إلى هذا الارتداد هى السحب التى تساهم وحدها برد حوالى ٢٣٪ من الإشعاع الشمسى الواصل إلى جو الأرض ، وتليها المواد العالقة بالجو من غبار وبخار ماء ، وهى تساهم فى مجملها برد ٩٪ من هذا الإشعاع ، ويساهم سطح الأرض نفسه برد ٢٪ منه . وعلى هذا الأساس فإن الألبيدو الأرضى يبلغ فى جملته ٣٤٪ من الأشعة الواصلة إلى أعلى الجو ، فيكون مجموع ماتكسبه الأرض وجوها هو ٦٦٪ منها[١] . إلا أن هذه النسب تتباين من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو ومقدار مايعلق به من بخار الماء والهواء ، ونوع الغطاء الذى يكسو سطح الأرض ، إن كان صخريا أو مائيا أو جليديا أو نباتيا ، فلكل نوع من هذه الغطاءات ألبيدو خاص به وأكبره هو ألبيدو سطح الجليد (شكل ٤) .

وتبلغ نسبة مايمتص من الأشعة فى الجو بواسطة بخار الماء والغبار حوالى ١١٪ من جملتها ، أما مايمتص بواسطة الغازات فى نفس الجو فيبلغ ٢٪ . وتزداد هاتين النسبتين نوعا ما ، إذا كانت السماء محتجبة بالغيوم[٢]. ولكن يلاحظ أن الأشعة التى تمتص فى الجو لاتمثل كلها فاقدا فعليا من الطاقة الإشعاعية ، لأنها لاترتد كلها إلى الفضاء ، إذ أنها تساعد على رفع درجة حرارة الطبقات التى تمتص فيها ، كما تصل نسبة لابأس بها منها بصورة أشعة منتشرة إلى سطح الأرض ، وذلك بخلاف الأشعة التى ترتد إلى الفضاء بواسطة الألبيدو والتى تمثل خسارة فعلية لحرارة الأرض .

ولقد أثبتت بعض الدراسات أن الإشعاع الذى ينتشر من الجو نحو الأرض ، والذى يعرف باسم الإشعاع السمائى المنتشر لايقل أهمية عن الإشعاع المباشر فى تزويدها بالحرارة ، بل إنه قد يتفوق عليه عندما تكون الشمس محتجبة بالغيوم .

(١) Critch field, op. cit

(٢) Wiesner, op cit



شكل (٤)

النسبة بين مايكسبه جو الأرض من الإشعاع الشمسى ومايخسره بسبب الأليدو الأرضى

د ـــ الميزانية الحرارية للأرض The earth's heat budjet :

المقصود بالميزانية الحرارية للأرض هو أن يكون هناك تعادل بين كمية الإشعاع التى يكتسبها جوها وسطحها ، وكمية الإشعاع التى تنصرف منهما إلى الفضاء . ويعتبر هذا التعادل شرطا أساسيا لبقاء حرارة سطح الأرض وجوها ثابتة تقريبا من سنة إلى أخرى . لأنه لو حدث تفوق مستمر فى الحرارة المكتسبة على حساب الحرارة المفقودة لالتهب سطح الأرض بكل ماعليه ، ولو حدث من ناحية أخرى تفوق مستمر فى الحرارة المنصرفة على حساب الحرارة المكتسبة لتجمد سطح الأرض بكل ماعليه .

ولكن هذا التوازن لايظهر عادة إذا حسب فى كل إقليم أو فى كل فصل من فصول السنة على حدة ، إذ أن ظروف بعض الأقاليم تساعدها على ارتفاع

مكسبها الحرارى أو زيادة خسارتها من وقت إلى آخر أو على مدار السنة ، ولكنه ، أى التوازن الحرارى ، يظهر إذا ماحسب بالنسبة لكل سطح الأرض وكل غلافها الجوى من سنة إلى أخرى حيث تؤدى عمليات التوزيع الحرارى بواسطة الرياح والتيارات البحرية وعمليات الحمل Convection والتبخر والتكثف إلى انتقال الحرارة من المناطق التى يتوفر فيها الإشعاع الشمسى إلى المناطق التى يوجد فيها عجز فى هذا الاشعاع فيؤدى هذا الانتقال إلى أن يبقى إجمالى حرارة جو الأرض ثابتا من سنة إلى أخرى .

والعناصر التى تساهم فى الميزانية الحرارية للأرض كثيرة ومعقدة ولايمكن فصل بعضها عن بعض ، كما لايسهل حسابها أو قياسها ، وأهمها هى :

١ ــ الطاقة الإشعاعية التى تصل إلى جو الأرض والتى تحسب بالسعرات على كل سم٢ فى الدقيقة أو الساعة أو اليوم ، وذلك على أساس المعامل الشمسى الثابت ، وهو ١,٩٤ سعر / سم٢ / دقيقة ومايطرأ على هذه الطاقة من تغير بسبب اختلاف بعد الأرض عن الشمس فى الصيف عنه فى الشتاء ، وقد سبق أن تكلمنا على هذه الطاقة .

٢ ــ مقدار مايرتد من الطاقة الإشعاعية إلى الفضاء بواسطة « الألبيدو الأرضى » .

٣ ــ مقدار مايمتص من هذه الطاقة فى الجو بواسطة الغبار وبخار الماء وثانى أوكسيد الكربون ، وبواسطة الأوزون فى المستويات الأعلى من الجو .

٤ ــ انتشار الطاقة الإشعاعية التى يمتصها الجو نحو الأرض ونحو الفضاء . ويطلق عليها كما سبق أن ذكرنا الإشعاع السمائى المنتشر Difuse Sky Radiation .

٥ ــ امتصاص سطح الأرض للأشعة وتحويلها إلى طاقة حرارية تنطلق إلى الجو فى موجات طويلة .

٦ ــ استخدام بعض الطاقة فى عمليات تبخر المياه واحتفاظ البخار بها بصورة حرارة كامنة Latent heat ثم انطلاقها منه عند التكثف .

ولكن مهما كان تعقد العناصر التى تساهم فى الميزانية الحرارية وتعددها وتداخل بعضها فى بعض فلا بد أن تكون محصلتها النهائية هى تعادل جملة ماتكسبه الأرض من الطاقة الإشعاعية مع جملة مايعود منها إلى الفضاء . ورغم صعوبة قياس عناصر الميزانية الأرضية فإن بعض الباحثين اقترحوا تقديرات تقريبية لبعضها ، ومثال ذلك التقديرات التى وصفها الباحثان باور Baur وفيليبس Philipps فى ألمانيا سنة ١٩٣٥ والتى تتلخص فيما يلى :

— الطاقة الإشعاعية التى تصل إلى جو الأرض هى ٧٠٠ سعر / سم² / يوم على أساس أن المعامل الشمسى الثابت هو ١,٩٤ سعر / سم² / دقيقة .
— ٢٧٪ من هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض مباشرة
— و ١٦٪ تصل إلى سطح الأرض بالانتشار Difuse radiation
— ١٥٪ تمتص فى الجو بما فيه من سحب .
— فيكون مجموع ماتكسبه الأرض وجوها هو ٥٨٪

أما الباقى وهو ٤٢٪ فيرتد إلى الفضاء بواسطة الألبيدو* .

ولكن ليس معنى أن مكسب الأرض وجوها من الطاقة الشمسية يبلغ ٥٨٪ من الطاقة الإشعاعية الكلية الواصلة إلى جو الأرض أن هذا المكسب يبقى فيهما ، بل إنه لابد أن يعود كله فى النهاية إلى الفضاء حتى تظل الميزانية الحرارية للأرض ثابتة .

٣ — ٤ — التوزيع الجغرافى للإشعاع الشمسى :

تكلمنا فيما سبق على الطاقة الإشعاعية الشمسية بالنسبة للكرة الأرضية عموما وأوضحنا دور الغلاف الجوى فى تقليلها وكيف أن جملة ماتكسبه الأرض وجوها من هذه الطاقة فى السنة لابد أن يتعادل مع جملة مايرتد منها إلى

* نظرا لأن الألبيدو الأرضى يتغير من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر بسبب تغير العوامل المؤثرة فيه ، فليس هناك اتفاق تام على تقديره — والأرقام المذكورة هنا مأخوذه من Haurwitz & Austin (1942) p.15

الفضاء ، وأن هذا التعادل هو الذى يجعل للأرض ميزانية حرارية ثابتة من سنة إلى أخرى .

ولكن ليس معنى هذا التوازن أن تكون كل أجزاء سطح الأرض أو كل أيام السنة متعادلة فى مكسبها أو خسارتها من الإشعاع الشمسى ، لأن توزيع هذا الإشعاع يختلف من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر نتيجة لتأثره بعدة عوامل أهمها هى :

١ — اختلاف الألبيدو الأرضى من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر .
٢ — اختلاف البعد بين الأرض والشمس فى الصيف عنه فى الشتاء .
٣ — اختلاف طول الليل والنهار فى العروض المختلفة وفى الفصول المختلفة .
٤ — اختلاف الزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض .

وقد سبق أن تكلمنا على العاملين الأول والثانى وهما الألبيدو الأرضى والبعد بين الأرض والشمس ، وذكرنا أن الألبيدو الأرضى يختلف من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو ، وأن الأرض تكون أبعد عن الشمس فى أول يوليو بنحو ٤,٨ مليون كيلومتر عنها فى أول ديسمبر .

أما العاملين الثالث والرابع فمن الواضح أن كليهما مرتبط بالموقع بالنسبة لدوائر العرض ارتباطا مباشرا ، ففى فصل الصيف يتزايد طول النهار على حساب طول الليل كلما اتجهنا نحو القطب حتى يصل طوله فى يوم الانقلاب الصيفى (٢١ يونيو) إلى ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية وستة أشهر عند القطب ، وتنعكس الآية فى فصل الشتاء . كما يتبين من الجدول (٣) .

جدول (٣)
أكبر طول للنهار فى العروض المختلفة (٢١ يونيو) فى نصف الكرة الشمالى
(٢١ يونيو) فى نصف الكرة الشمالى

دوائر العرض	صفر°	٤١°	٦٣°	٦٦,٥°	٦٧°	٧٨°	٩٠°
طول نهار (ساعة)	١٢	١٥	٢٠	٢٤	٣٠ يوم	٤ أشهر	٦ أشهر

وكذلك بالنسبة للزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على الأرض فإن هذه الزاوية تكاد تكون قائمة عند دائرة الاستواء فى معظم شهور السنة ، وخصوصا فى فصل الاعتدالين ، ثم تصغر كلما اتجهنا نحو القطبين حيث يزداد ميل الأشعة وخصوصا فى فصل الشتاء . كما أن زاوية سقوط الأشعة تتغير كذلك خلال اليوم الواحد بحيث تبلغ أدناها عند الشروق وتزداد تدريجيا حتى تصل إلى أكبرها فى وقت الزوال ، ثم تتناقص مرة أخرى حتى تصل إلى أدناها عند الغروب .

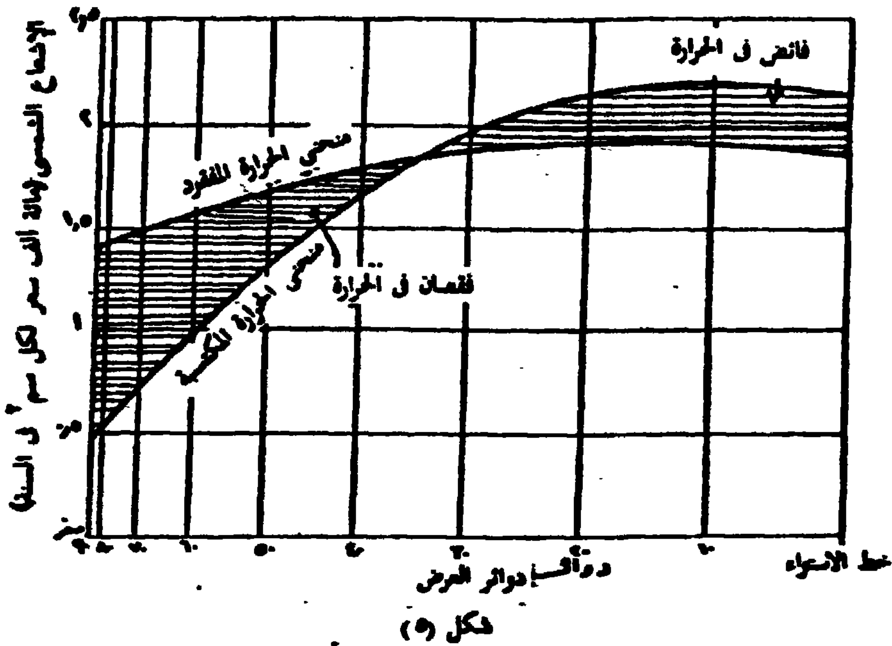
والمعروف أن قوة الأشعة تتناسب طرديا مع زاوية سقوطها ، فهى تبلغ أقصى قوتها إذا كانت زاوية سقوطها ٩٠° ، وتوصف الأشعة فى هذه الحالة بأنها عمودية ، وإذا نقصت هذه الزاوية فإن الأشعة تكون مائلة ، وكلما نقصت زاوية سقوطها ازداد ميلها وضعفت قوتها لأنها فى هذه الحالة تقطع مسافة أطول عند اختراقها للغلاف الجوى وتتوزع فى نفس الوقت على مساحة أكبر من سطح الأرض .

وفى ضوء هذه الحقائق فإن المعدل السنوى للإشعاع الشمسى يبلغ أقصى قوته عند خط الاستواء ويتناقص عموما نحو القطبين ، ويقدر أن الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض يكون عند خط الاستواء أربعة أمثاله عند أى من القطبين .

وعلى العموم فإن كمية الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض تكون كبيرة طول السنة فيما بين المدارين ويكون تغيرها محدودا من فصل إلى آخر . ولكن نظرا لأن الشمس تتعامد على العروض الواقعة بينهما مرتين أثناء تزحزحها شمالا وجنوبا فإن الإشعاع الشمسى عليها تكون له قمتان متفقتان تقريبا مع مرتى تعامد الشمس ، أما فى المناطق الواقعة بين أحد المدارين والدائرة القطبية فإن الإشعاع الشمسى يبلغ قمته فى وقت الانقلاب الصيفى ويبلغ حده الأدنى فى وقت الانقلاب الشتوى، فإذا ما تجاوزنا الدائرة القطبية نحو القطب وجدنا أن نهار الصيف يزداد طوله من ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية نفسها فى يوم

الانقلاب الصيفي إلى ستة أشهر عند القطب ، وتنعكس الآية في فصل الشتاء فلا تظهر الشمس لمدة ٢٤ ساعة في يوم الانقلاب الشتوى ، وتتزايد مدة اختفائها حتى تصل إلى ستة أشهر عند القطب ، ونتيجة لهذا يكون هناك فائض في الأشعة في فصل الصيف ونقص شديد فيها في فصل الشتاء .

ولكى تقدير الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض فى العروض المختلفة لايكفى وحده لتقدير صافى الإشعاع المكتسب فى هذه العروض بل يجب أن يخصم منه الإشعاع المرتد إلى الفضاء ، حيث أن الفرق بينهما هو الذى يحدد الوفر أو العجز فى الميزانية الحرارية للأرض كما يتضح من شكل (٥)[١] ومنه يتبين أن هناك وفرا حراريا فى العروض المدارية ويقابله عجز فى العروض العليا ، وأن هناك تعادلا بينهما حوالى دائرة عرض ٣٠° .



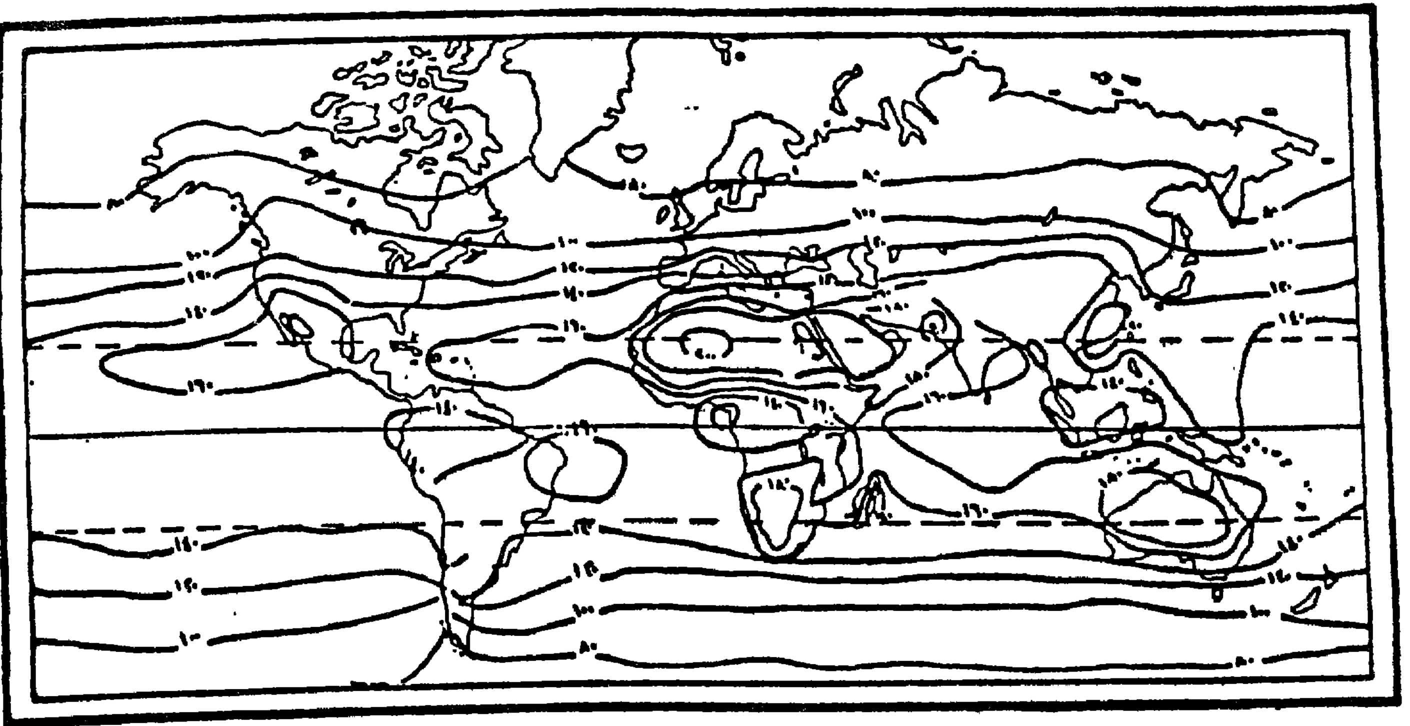
شكل (٥)

الميزانية الحرارية للأرض عند دوائر العرض المختلفة

وتبين الخريطة شكل (٦) التوزيع السنوى للإشعاع الشمسى الكلى عند سطح الأرض[٢] .

(١) Critchfield p. 20

(٢) Ibid.p.21



شكل (٦)
التوزيع السنوى للإشعاع الشمسى الكلى على سطح الأرض

ومن هذه الخريطة يتبين أن التوزيع الفصلى للإشعاع الشمسى الواصل إلى سطح الأرض لايتمشى تماما مع دوائر العرض حيث تتدخل فى توزيعه عوامل أخرى أهمها صفاء الجو وكمية مابه من سحب ومواد عالقة، فحوالى دائرة عرض ٢٠° يسود الجفاف وتقل السحب بصفة عامة بسبب وجود الضغط المرتفع وراء المدارى، ولذلك فإن قمة الإشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض تظهر على طول هذه الدائرة ، بينما تؤدى كثرة السحب فى مناطق أخرى إلى خفض هذا الإشعاع .

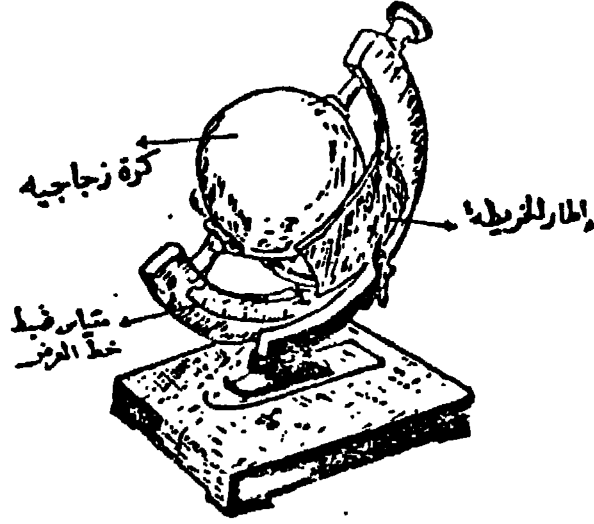
٣ ــ ٥ ــ قياس الإشعاع الشمسى كعنصر من عناصر المناخ :

إن المطلوب فى الدراسة المناخية عادة هو قياس الإشعاع الشمسى على أساس عدد ساعات سطوع الشمس فى اليوم ثم حساب متوسطاتها ومعدلاتها الشهرية والسنوية . والجهاز التقليدى المستخدم لهذا الغرض هو جهاز كامبل واستوكس ، وهو مكون من كرة بلورية توضع فى الشمس فتتجمع بواسطتها الأشعة فى بؤرة تتحرك مع حركة الشمس الظاهرية فتسجل حركتها على شريط خاص من الورق الداكن بشكل حرق طولى يظهر عندما تكون الشمس ساطعة ويختفى فى حالة احتجابها بالسحب ، ويمكن على هذا الأساس معرفة وقت سطوع الشمس وعدد ساعات سطوعها ابتداء من الشروق حتى الغروب (شكل ٧) .

ونظرا لأن خط سير البؤرة يتغير بتغير درجة ميل أشعة الشمس من فصل إلى آخر فقد صممت أشرطة الورق بثلاثة أشكال يستخدم أحدها فى فصل الصيف وأحدها فى فصل الشتاء والثالث فى فصلى الربيع والخريف .

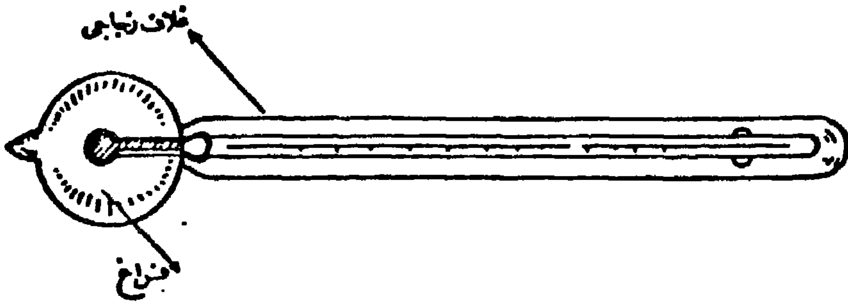
وإلى جانب حساب المعدلات اليومية والشهرية والسنوية لعدد ساعات سطوع الشمس فمن المهم كذلك قياس قوة الإشعاع الشمسى . وتستخدم فى هذا القياس عدة أجهزة أهمها :

١ ــ ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسى ، ومهمته هى قياس النهاية



شكل (٧) جهاز كامبل واستوكس

العظمى للحرارة المستمدة من أشعة الشمس فى اليوم . وهو عبارة عن ترمومتر موضوع داخل غلاف زجاجى مفرغ تماما من الهواء حتى لايتأثر بحرارة الجو بل يتأثر فقط بأشعة الشمس التى تخترق الغلاف الزجاجى وترفع درجة حرارة الزئبق فى المستودع (شكل ٨)

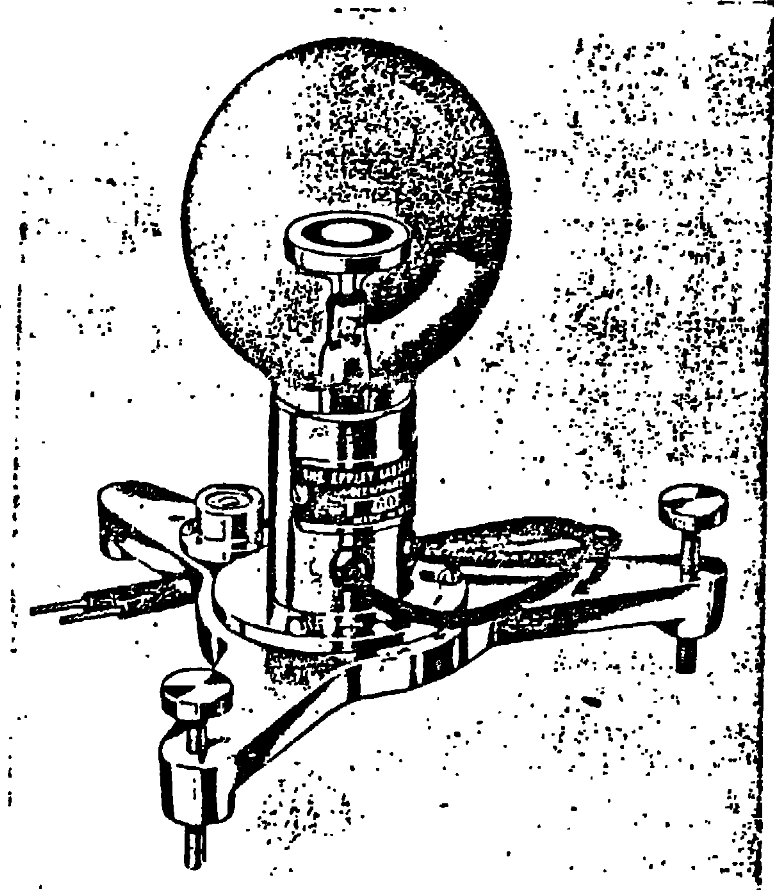


شكل (٨) ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسى

٢ — جهاز قياس تأثير الأشعة الشمسية على الأجسام المعتمة والأجسام اللامعة ، وهو مكون من ترمومترين أحدهما ذو فقاعة مغطاة بمادة سوداء والثانى فقاعته لامعة ، وتعرض فقاعتاهما لأشعة الشمس طوال

مدة سطوعها . ويدل الفرق بينهما على قدرة الأجسام المعتمة على امتصاص الأشعة وقدرة الأجسام اللامعة على ردها .

٣ — البرهيليومتر (شكل ٩) — وهو جهاز إليكتروني به لوحتان إحداهما بيضاء والثانية سوداء ، فعندما تسقط الأشعة عليهما تنعكس من على سطح اللوحة البيضاء بينما تمتصها اللوحة السوداء ، وتسجل تأثير الأشعة عليها إليكترونيا، ويدل الفرق بينهما على مقدار الأشعة التى يمكن أن تمتصها الأجسام المعتمة .



شكل (٩) برهيليومتر

٤ ـ جهاز قياس الطاقة الإشعاعية على أساس قدرتها على تبخير مقادير معينه من الماء ، ويشتهر هذا الجهاز باسم راديومتر بيلانى Bellani Radiometer نسبة إلى اسم مخترعه (١٨٢٦) . ولهذا الجهاز فائدة مزدوجة، إذأنه يسجل مقدار الطاقة الإشعاعية الواصلة من الشمس ، كما يبين فى نفس الوقت مقدار التبخر الناتج عنها .ويوجدفى هذاالجهازمستودع كروى محفوظ داخل كرة زجاجية ومتصل بأنبوبة شعرية يخرج منها البخار ليدخل فى أنبوبة متسعة حيث يتكثف بها وتتجمع المياه الناتجة فى طرفها حيث تقاس بواسطة مقياس مدرج موضوع فيها . وهذا الجهاز يقرأ يوميا ، وعند إعادة استخدامه لابد أن يقلب ليعود كل الماء المتكثف إلى المستودع .

٥ ـ حساب الإشعاع الشمسى بالطرق الرياضية :

إلى جانب قياس الإشعاع الشمسى بالأجهزة السابقة فإن الطاقة الشمسية يمكن أن تحسب كذلك بالطرق الرياضية التى تدخل فى حساباتها عدة متغيرات أهمها عدد ساعات سطوع الشمس ونسبة مايغطى من السماء بالسحب . وقد اقترحت لذلك عدة معادلات من بينها المعادلة الآتية(١) وهى معادلة انحدار خطى بسيط Regression Equation

$$\frac{ش}{شَ} = أ + ب \left(\frac{ع}{ن}\right)$$

وفيها ش ،شَ هما مقدار مايقع من الأشعة على سنتيمتر مربع من سطح الأرض ومقدار ماكان من الممكن أن يقع عليه إذا لم يكن هناك غلاف جوى . وتوجد جداول خاصة تبين مقدار هذا الإشعاع فى أيام السنة على العروض المختلفة .

أما أ، ب فثابتان يستخرجان من حساب العلاقة بين المعدل الشهرى لكل من الإشعاع الشمسى وعدد ساعات سطوع الشمس فى المكان المراد حساب الإشعاع الشمسى به .

---

(١) نعمان شحادة ـ (١٩٨٣) المناخ العملى ـ عمان ـ ص ٥٦

أما ع فهى عدد الساعات الفعلية لسطوع الشمس فى اليوم ، كما يدل عليها جهاز كامبل وستوكس

أما ن فهى عدد الساعات المفترضة لسطوع الشمس ، وهى تعنى طول النهار على حسب ماهو معروف على دوائر العرض المختلفة .

٤

حـرارة الجـو

٤ ـ ١ ـ التوزيع العام لدرجة الحرارة على دوائر العرض.
٤ ـ ٢ ـ تأثير الماء واليابس على التوزيع العام للحرارة .
٤ ـ ٣ ـ أثر الارتفاع على درجة الحرارة .
٤ ـ ٤ ـ الانعكاس الحرارى .
٤ ـ ٥ ـ قياس الحرارة .

٤

حرارة الجو

Air Temperature

إن دراسة حرارة الجو وتوزيعها العام على سطح الكرة الأرضية لايمكن فصلها عن دراسة الإشعاع الشمسى وتوزيعه العام ، وذلك لأن الإشعاع الشمسى هو المصدر الوحيد لحرارة الجو ولأن توزيع كليهما يرتبط ارتباطا وثيقاً بدرجات العرض ، إذ أن هذه الدرجات هى التى تحدد الساعات المحتملة لسطوع الشمس ، أى طول النهار ، كما تحدد الزاوية التى تسقط بها الأشعة على سطح الأرض فى الفصول المختلفة . وإلى جانب الدرجات العرضية التى تمثل العامل الرئيسى لتوزيع حرارة الجو على مستوى العالم ومستوى القارات فإن هذا التوزيع يتأثر بعوامل أخرى أهمها توزيع الماء واليابس وتضاريس سطح الأرض .

٤ ـــ ١ ـــ التوزيع العام لدرجة الحرارة على دوائر العرض :

إن قوة العلاقة بين توزيع الحرارة والدوائر العرضية يمكن إدراكها بوضوح بمجرد مقارنة المعدلات الحرارية العامة على هذه الدوائر بعضها ببعض .

فبالنسبة لزاوية سقوط أشعة الشمس فانها عند خط الاستواء تسقط عمودية على سطح الأرض تقريبا فى معظم أيام السنه، أما بالقرب من الدائرة القطبية فإن هذه الأشعة تسقط مائلة جدا خصوصا فى نصف السنة الشتوى ، ومن المعروف أن الأشعة العمودية أقوى من الأشعة المائلة لأنها تتوزع على مساحة أصغر من المساحة التى تتوزع عليها أشعة مائلة بنفس السمك ، كما أن الأشعة العمودية تقطع مسافة أقصر فى الغلاف الجوى من الأشعة المائلة .

وترتبط كمية الإشعاع الشمسى كذلك ارتباطا قويا بطول النهار الذى يرتبط بدوره بدرجات العرض . فمن المعروف أن النهار يزداد طوله على حساب الليل فى فصل الصيف بينما يحدث العكس فى فصل الشتاء . وتزداد هذه الظاهرة وضوحا كلما بعدنا عن خط الاستواء ، ولهذا فإنه على الرغم من أن المتوسط السنوى لما يصيب الأرض من أشعة الشمس عند القطبين صغير فى جملته بالنسبة لما يصيبها فى العروض الأخرى فإنه يكون فى الفترة من أول يونيو حتى منتصف يوليو أكبر منه فى أى نطاق عرضى آخر .. ويرجع هذا إلى أن الشمس تستمر ظاهرة طول هذه الفترة دون انقطاع . ولكن ليس معنى هذا أن القطب يكون فى هذه الفترة أشد حرارة من العروض الأخرى لأن معظم الحرارة التى تكتسب من أشعة الشمس تستنفد فى صهر بعض الجليد الذى يغطى المناطق القطبية بدلا من أن تعمل على سرعة رفع درجة حرارة الهواء .

ويبين الجدول (٤) المعدلات الحرارية السنوية والفصلية على بعض دوائر العرض ، ومنه يتبين أن أعلى معدل سنوى للحرارة يوجد على خط عرض ١٠° شمالا، وأن أعلى معدل شهرى شتوى (فى يناير) يوجد على خط الاستواء ، بينما يوجد أعلى معدل حرارى صيفى (يوليو) على دائرة العرض ٢٠° شمالا ، كما يتبين أن المعدلات السنوية تكون عموما أعلى فى نصف الكرة الشمالى منها فى نصفها الجنوبى . ويبدو هذا واضحا من مقارنة المعدلات السنوية على دوائر العرض المتقابلة . ويتبين كذلك أن التناقص الحرارى العام نحو القطبين يكون صغيرا فى العروض المدارية وسريعا فى العروض العليا، فبينما ينخفض المعدل السنوى من ٢٦,٢° عند خط الاستواء إلى ٢٠,٤° على دائرة العرض ٣٠° شمالا، أى بمعدل درجة مئوية واحدة لكل خمس دوائر عرضية ، فإنه ينخفض من ٢٠,٤° على دائرة العرض ٣٠° إلى — ١١,٤ على دائرة العرض ٧٠° ، بمعدل درجة لكل ١,٢٥ دائرة عرضية فقط . وتنطبق نفس هذه الملاحظة كذلك ولو بصورة تقريبية على نصف الكرة الجنوبى .

جدول (٤) المعدلات الحرارية السنوية والفصلية على بعض دوائر العرض في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي

دوائر العرض	المعدل السنوى	معدل يناير	معدل يوليو
٩٠° شمالا	— ٢٢,٥°م	— ٤١°م	— ١,١°م
٧٠° شمالا	— ١٠,٣	— ٢٦,٤	٧,٢
٥٠° شمالا	٥,٨	— ٧,٤	١٨,١
٣٠° شمالا	٢٠,٤	١٤,٤	٢٧,٢
٢٠° شمالا	٢٥,٣	٢١,٧	٢٨
١٠° شمالا	٢٦,٥	٢٥,٧	٢٧,١
خط الاستواء	٢٦,٢	٢٦,٤	٢٥,٥
١٠° جنوبا	٢٥,٣	٢٦,٣	٢٣,٨
٢٠° جنوبا	٢٢,٨	٢٥,٢	٢٠
٣٠° جنوبا	١٦,٥	٢١,٨	٢٤,٧
٥٠° جنوبا	٥,٧	٨,١	٣,٣
٧٠° جنوبا	— ١٣,٥	— ٣,٥	— ٢٣
٩٠° جنوبا	٣٣,١	— ١٣,٥	— ٤٨

المصدر : Haurwitz and Austin, op. cit p. 24

(بعد تحويل الدرجات الفهرنهيتية إلى درجات مئوية)

ويرجع الارتباط القوى بين دوائر العرض وتوزيع الحرارة على سطح الكرة الأرضية إلى أن الزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على الأرض ترتبط ارتباطا وثيقا بدرجات العرض ، كما يرتبط طول الليل والنهار فى الفصول المختلفة كذلك بهذه الدرجات .

٤ — ٢ — تأثير الماء واليابس على التوزيع العام لدرجة الحرارة :

على الرغم من العلاقة القوية بين توزيع المعدلات الحرارية على سطح الكرة الأرضية وبين الدوائر العرضية فإن هذه المعدلات لاتتمشى دائما مع هذه الدوائر بسبب اختلاط الماء باليابس ، وخصوصا فى نصف الكرة الشمالى ،

واختلاف تأثر كل منهما بالإشعاع الشمسى بدرجة تجعل للمناخ الذى يخضع لتأثير أى منهما خصائص متميزة عن خصائص المناخ المتأثر بالآخر .

ويرجع الاختلاف فى تأثير الأشعة الشمسية على الماء واليابس إلى العوامل الآتية :

١ ــ أن الحرارة النوعية للماء تعادل أربعة أمثال الحرارة النوعية لليابس * ، وهذا يعنى أن تسخين اليابس يكون أسرع من تسخين الماء ، ولما كان من المعروف علميا أن الأجسام التى تكتسب الحرارة بسرعة تفقدها بسرعة فإن اليابس يبرد كذلك أسرع مما يبرد الماء .

٢ ــ إن بعض الأشعة التى تسقط على الماء يستنفد فى عمليات التبخر .

٣ ــ إن الأشعة التى تسقط على الماء تتعمق فيه وتتوزع على طبقة سمكية منه كما تتوزع فى كل الاتجاهات بتأثير الحركة المستمرة للماء .

٤ ــ أن ألبيدو الماء أكبر من ألبيدو اليابس ، أى أنه أقدر منه على رد الأشعة إلى الفضاء .

ويبدو تأثير الماء واليابس على توزيع درجة الحرارة واضحا بصفة خاصة على كل من المدى الحرارى ، وعلى اتجاه خطوط الحرارة المتساوية على مستوى العالم والقارات .

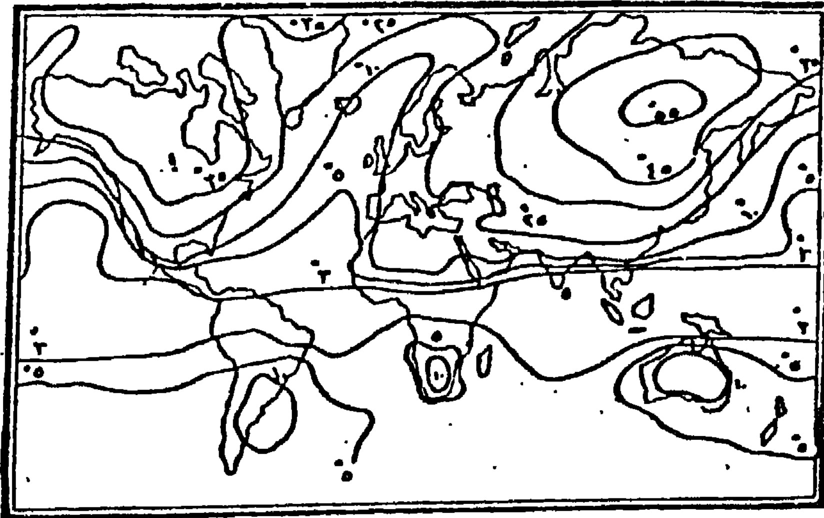
والمقصود بالمدى الحرارى Range of temperature ، هو الفرق بين أعلى وأدنى درجتى حرارة تسجلان خلال اليوم الواحد ، أو بين أعلى وأدنى متوسطين حراريين يوميين خلال الشهر الواحد ، أو بين أعلى وأدنى متوسطين أو معدلين شهريين خلال السنة .

والمعتاد فى الدراسات المناخية هو حساب معدل المدى السنوى ومعدل المدى اليومى للحرارة للاستفادة بهما فى تحديد نوعية المناخ ومدى تطرفه ، فكلما صغر المدى السنوى والمدى اليومى كان ذلك دليلا على قوة تأثير الماء

* الحرارة النوعية Specific heat هى كمية الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة

على المناخ الذى يوصف فى هذه الحاله بأنه مناخ بحرى Marine climate ومثال ذلك مناخ الجزر والبلاد الساحلية ، وكلما ارتفع المدى السنوى والمدى اليومى كان ذلك دليلا على قوة تأثير اليابس على المناخ ، الذى يوصف فى هذه الحالة ، بأنه مناخ قارى Continental climate . وهو عادة مناخ متطرف، بمعنى أنه يكون حارا فى الصيف وباردا فى الشتاء وحارا بالنهار وباردا بالليل ، ومثال ذلك مناخ الصحارى والمناطق الداخلية من القارات .

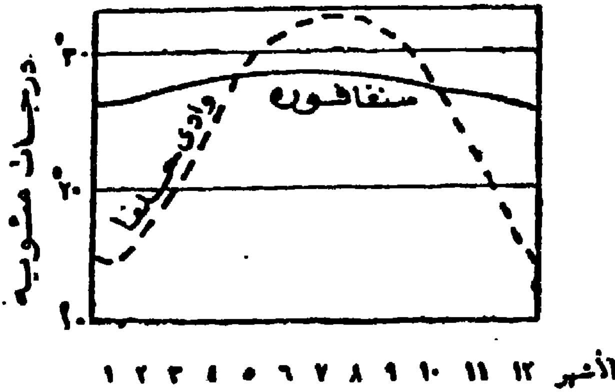
وتوضح الخريطة شكل (١٠) توزيع المدى الحرارى الفصلى فى العالم ومنها يتبين أن هذا المدى يرتفع عموما فى نصف الكرة الشمالى ، (حيث ترتفع نسبة اليابس إلى الماء) ، عنه فى نصفها الجنوبى (حيث تسود البحار) وأنه يبلغ أعلى قيمة له فى وسط آسيا حيث يصل إلى ٥٥ درجة م ، كما يرتفع كذلك ، ولكن بصورة أقل على وسط أمريكا الشمالية ، بينما ينخفض انخفاضا واضحا على المناطق المقابلة لهما من المحيطين الأطلسى والهادى ، وينخفض بصورة أكثر وضوحا على كل المحيطات الجنوبية وعلى طول خط الاستواء .



(شكل ١٠)
توزيع معدلات المدى الحرارى الفصلى فى العالم (بالدرجات المئوية)

ويبين شكل (١١) معدلات الحرارة الشهرية فى محطتين إحداهما تتميز بمناخها البحرى الذى ينخفض فيه المدى الحرارى السنوى وهى سنغافورة ، والثانية تتميز بمناخها القارى الذى يرتفع فيه هذا المدى ، وهى وادى حلفا .

وبالإضافة إلى تأثير الماء واليابس فإن كلا من المدى الحرارى الفصلى والمدى الحرارى اليومى يتأثر كذلك بالارتفاع عن سطح البحر ، وبوجود الغطاءات النباتية ، حيث أن كلا منهما ينخفض نسبيا على الجبال المرتفعة وفى المناطق المغطاة بالنباتات عنهما فى السهول والمناطق الجرداء والمدن .

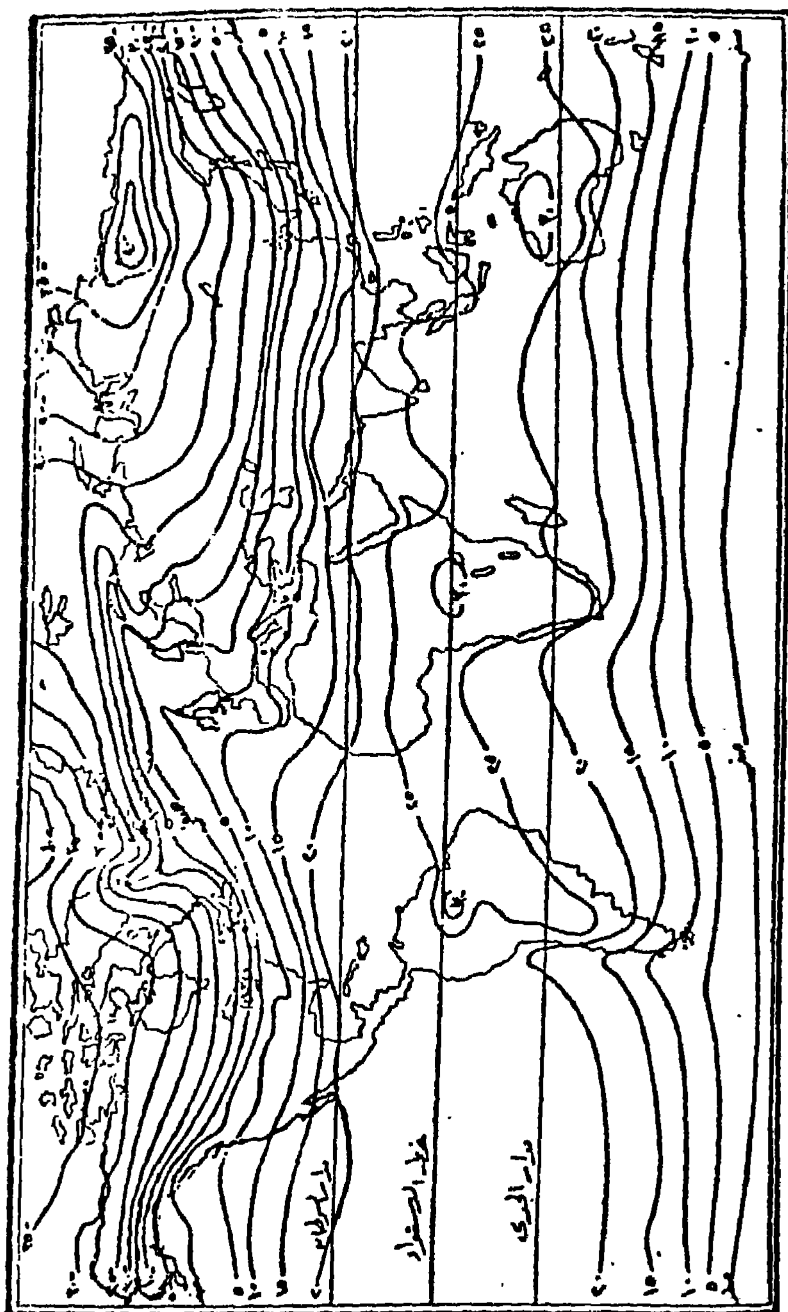


شكل (١١)
المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة فى سنغافورة ووادى حلفا

وإلى جانب انخفاض المدى الحرارى الفصلى فى المناخ البحرى عنه فى المناخ القارى فإن أعلى وأدنى معدلين حراريين شهريين فى المناخ البحرى يظهران غالبا متأخرين عنهما فى المناخ القارى ، وذلك بسبب بطء تأثر الماء بارتفاع حرارة الجو وبطء تأثره بانخفاضها بالنسبة لليابس ، ولهذا فبينما يظهر أعلى وأدنى معدلين حراريين شهريين فى المناخ القارى فى شهرى يوليو ويناير فإنهما يظهران فى المناخ البحرى غالبا فى شهرى أغسطس وفبراير . وهذا لاينطبق بطبيعة الحال على الأقاليم الاستوائية التى تكون للحرارة فيها قمتان تتفقان مع الاعتدالين .

ويمكن ملاحظة تأثير الماء واليابس على التوزيع العام لدرجة الحرارة فى العالم بمجرد النظر إلى اتجاهات خطوط الحرارة المتساوية على القارات والمحيطات . وهى الخطوط التى ترسم لتوضيح المعدلات الحرارية الشهرية والسنوية عند منسوب سطح البحر . ففى نصف الكرة الشمالى مثلا تميل هذه الخطوط للانحراف شمالا على أواسط القارات فى فصل الصيف بسبب اشتداد الحرارة عليها بينما تنحرف جنوبا على أواسط المحيطات حيث تكون الحرارة أقل منها على اليابس ، ويحدث العكس فى فصل الشتاء ، ومع ذلك فإن توزيع الماء واليابس وحده لايكفى لتفسير كل التعرجات التى تظهر فى خطوط الحرارة المتساوية وخصوصا على مياه المحيطات المجاورة لسواحل القارات ، لأن التيارات البحرية الدافئة والباردة لها دور قوى فى توجيهها . ويبدو هذا واضحا بمجرد النظر إلى خطوط الحرارة المتساوية على المحيطات فى نصفى الكرة ، حيث تبدو الخطوط الحرارية متعرجة تعرجا واضحا فى نصف الكرة الشمالى بسبب اتساع اليابس ، أما فى نصف الكرة الجنوبى فإن تعرجها يكون أقل وضوحا بسبب اتساع المحيطات وضيق اليابس . ولهذا فإن خطوط الحرارة المتساوية فى هذا النصف من الكرة تسير موازية تقريبا لخطوط العرض . ويبدو هذا واضحا من مقارنه خريطتى خطوط الحرارة المتساوية (الشكلين ١٢ و ١٣) بخريطة التيارات البحرية (شكل ١٤) .

وإن أقوى التيارات البحرية الدافئة تأثيرا على خطوط الحرارة المتساوية وعلى مناخ المناطق الساحلية هى : تيار الخليج الدافىء فى شمال المحيط الأطلسى ، وتيار اليابان (كيروسيفو) المقابل له فى شمال غربى المحيط الهادى ، وتيار موزمبيق إلى الشرق من جنوب إفريقيا . أما أقوى التيارات الباردة تأثيرا فهى تيارات لبرادور فى شمال غربى المحيط الأطلسى وتيار بنجويلا فى جنوبه الشرقى وتيار الكناريا فى شرقه وتيار فوكلاند فى جنوبيه الغربى وتيار همبولت إلى الغرب من جنوب أمريكا الجنوبية وتيار كاليفورنيا فى غرب أمريكا الشمالية



شكل (١٦) خطوط الحرارة المتساوية لشهر يناير (درجات مئوية)



شكل (١٣) خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو (درجات مئوية)

أثر التيارات البحرية على حرارة السواحل :

بالنظر إلى خريطة توزيع التيارات البحرية فى المحيطات المختلفة نلاحظ ظاهرتين مهمتين هما :

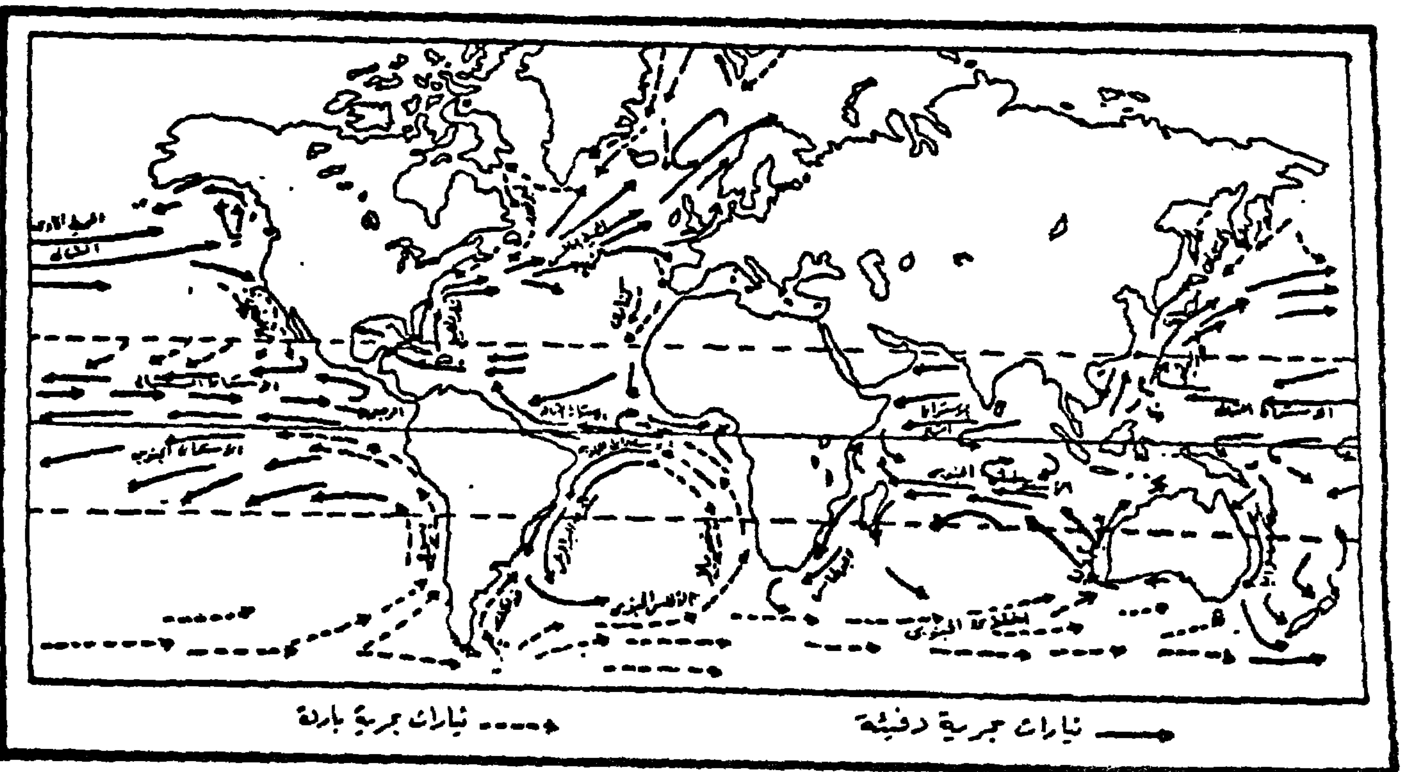
١ — فى نطاق الرياح التجارية (على وجه الإجمال) توجد تيارات باردة بجوار السواحل الغربية للقارات بينما توجد تيارات دافئة أو حارة بجوار سواحلها الشرقية .

٢ — فى نطاق الرياح العكسية (الغربية) تنقلب الآية ، فبينما تتأثر السواحل الغربية للقارات ببعض التيارات الدافئة فإن سواحلها الشرقية تتأثر ببعض التيارات الباردة ، وينطبق هذا بصفة خاصة على نصف الكرة الشمالى بسبب اتساع اليابس وعظم امتداده فى العروض العليا .

ولما كانت التيارات الدافئة تعمل دائما على تدفئة السواحل التى تمر بها بينما تعمل التيارات الباردة على برودتها ، فقد ترتب على الظاهرتين السابقتين أن اختلفت درجة حرارة السواحل الشرقية للقارات عن درجة حرارة سواحلها الغربية التى تقع فى نفس العروض ، ويظهر هذا بوضوح عند مقارنة السواحل المتقابلة فى القارة الواحدة أو السواحل المشرفة على محيط واحد فى القارات المختلفة

فاذا قارنا مثلا بين أثر التيارات البحرية على حرارة السواحل الشرقية للمحيط الأطلسى وأثرها على حرارة السواحل الغربية لنفس المحيط نلاحظ مايأتى :

أولا — أن السواحل الغربية لإفريقيا وشبه جزيرة أيبيريا أقل حرارة من السواحل المقابلة لها فى شرق الأمريكتين ، وذلك لمرور تيارى الكناريا وبنجويلا الباردين أمام السواحل الأولى ، وتيارى الخليج والبرازيل الدافئين



شكل (١٤) التيارات البحرية الرئيسية في المحيطات

أمام السواحل الثانية ، فبينما يبلغ المعدل السنوى لدرجة الحرارة فى داكار Dakar على ساحل السنغال حوالى ٢٤° م نجد انه فى فيراكروز Vera Cruz على الساحل الشرقى للمكسيك حوالى ٢٥,٣°، وذلك على الرغم من أن الثانية أبعد من الأولى عن خط الاستواء بحوالى ٤ درجات عرضية ، وكذلك فى بنانا Banana الواقعة عند مصب نهر الكونغو يبلغ المعدل السنوى ٢٠° م مقابل ٢٠,٦° فى برنامبوكو Pernambuco على الساحل الشرقى للبرازيل . وتبدو هذه الاختلافات أوضح ماتكون فى فصل الشتاء ، ففى شهر يناير مثلا يكون معدل الحرارة فى داكار ٢٠° م مقابل ٢٢° فى فيراكروز ، أما فى بنانا فيكون ٢٢,٤° مقابل ٢٤° فى برنامبكو[١] .

وتعمل الرياح التجارية التى تهب على سواحل إفريقية الغربية من الشمال الشرقى أو الجنوب الشرقى بطريقة أخرى على خفض درجة حرارة المياه المجاورة لهذه السواحل ، لأنها تزيح باستمرار الطبقة السطحية من هذه المياه بعيدا عن الساحل ، فتكشف بذلك المياه التى تحتها وهى أشد برودة منها . وعلى الرغم من وجود التيار الاستوائى الراجع الحار الذى يعرف باسم تيار غانة فإن أثره فى تدفئة الساحل الإفريقى ضعيف جدا ، ويرجع ذلك إلى ضعفه من جهة ، وإلى ازاحة الرياح التجارية للطبقة السطحية من مياهه من جهة أخرى .

ويلاحظ أن الفرق بين الساحلين الشرقى والغربى للمحيط الأطلسى يتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا عن خط الاستواء نحو الشمال حتى يختفى تقريبا حوالى خط عرض ٣٠° شمالا[٢]، وهنا نجد أن خطوط الحرارة المتساوية تقطع الساحلين عند خطوط عرض متقاربة جدا .

---

(١) خطا عرض داكار وفيراكروز هما ٣٩َ ١٤° و ١١َ ١٩° شمالا على الترتيب ، أما خطا عرض بنانا وبرنمبوكو فهما ٦° و ٨° جنوبا على الترتيب .

(٢) Austin Miller, A, « Climatology », 4 ed. 1944 P. 48.

ثانيا — إلى الشمال من خط عرض ٤٥° تنعكس الحالة تماما ، حيث نجد أن السواحل الغربية لأوروبا أدفا بكثير من السواحل الشرقية لكندا والولايات المتحدة ، ويرجع ذلك إلى تأثير تيار الخليج الدافىء وفروعه على السواحل الأولى ، وتأثير تيار لبرادور البارد على السواحل الثانية ، وهذا هو السر فى أن خطوط الحرارة المتساوية تتجه فى هذه العروض (على شمال المحيط الأطلسى) مابين الشمال الشرقى والجنوب الغربى ، ويبدأ الفرق بين الساحلين فى الظهور إلى الشمال من خط عرض ٣٠° (الذى يتشابه عنده الساحلان تقريبا كما سبق أن ذكرنا) ، ومن ثم يبدأ فى التزايد تدريجيا كلما اتجهنا شمالا ، ويكون هذا الفرق كبيرا بصفة خاصة فى فصل الشتاء ، ويتبين ذلك من الجدول رقم (٥) الذى يبين معدلات درجات الحرارة لشهر يناير والمعدلات السنوية فى بعض البلاد التى تقع على جانبى المحيط ، وتتفق فى خط العرض تقريبا .

جدول (٥) معدل درجة حرارة شهر يناير . والمعدل السنوى فى بعض البلاد المتقابلة على الساحلين الشرقى والغربى لشمال المحيط الأطلسى

البلدة	خط العرض (شمالا)	معدل درجة الحرارة (مئوية)	
		يناير	السنة
لشبونة (البرتغال)	٣٨° ٤٢َ	٩,٦	١٥,٣
واشنطن	٣٨° ٥٣َ	٠,٥	١٢,٦
	الفرق	٩,١	٢,٧
ابورتو Oporto (البرتغال)	٤١° ٧َ	٨,٣	١٤,٤
نيويورك	٤١° ٦َ	١ —	١١
	الفرق	٩,٣	٣,٤
برست (فرنسا)	٤٨° ٢٣َ	٦,٦	١٢
سان جونس St. Johus (الولايات المتحدة)	٤٥° ١٩َ	١,٢	٦,٧
	الفرق	٥,٤	٥,٣
جلاسجو	٥٥° ٥١َ	٣,٩	٨,٥
نين Nain (البرادور)	٥٦° ٢٥َ	١٣,٨	٥,٢
	الفرق	١٧,٧	١٣,٧

وقد ترتب على دفء الجانب الشرقى من المحيط الأطلسى الشمالى عدة نتائج ، أهمها أن المياه أمام الساحل الشمالى الغربى لأوروبا لاتتجمد فى أى شهر من شهور السنة فى أى مكان إلى الجنوب من خط عرض ٧٥° ، بينما تتجمد مياه الساحل الشمالى الشرقى لأمريكا فى فصل الشتاء حتى خط عرض ٥٠° شمالا ، وتتجمد معها مياه نهر سانت لورانس ، مما يؤدى إلى توقف الملاحة تماما فى هذا الفصل ، بخلاف الحال أمام الساحل النرويجى الذى يظل مفتوحا للملاحة طول السنة ، وفضلا عن ذلك فإن جبال الجليد الطافية قد تستمر فى تحركها جنوبا بالقرب من الساحل الشرقى لأمريكا حتى خط عرض ٤٠° شمالا ، بينما يندر أن تشاهد بالقرب من الساحل الشمالى الغربى لأوروبا إلى الجنوب من خط عرض ٧٠° . وكذلك فيما يختص بخط الثلج الدائم ، نلاحظ أنه يقع دائما إلى الشمال من خط عرض ٨٠° شمالا أمام الساحل الشمالى الغربى لأوروبا ، فى حين أنه يصل إلى خط عرض ٦٩° أمام الساحل الشمالى الشرقى لأمريكا الشمالية .

ثانيا — نظرا لأن السواحل الشرقية للمحيط الأطلسى (إلى الشمال من خط الاستواء) تتأثر بالتيارات الباردة فى المنطقة الحارة ، وبالتيارات الدافئة فى العروض الباردة ، فقد ترتب على ذلك أن أصبح تدرج الحرارة على امتداد هذه السواحل بطيئا جدا ، أما السواحل الغربية فيختلف الحال عليها عن ذلك تماما ، لأنها تتأثر بالتيارات الدافئة فى المنطقة الحارة وبالتيارات الباردة فى العروض الباردة . ولهذا السبب نجد أن مناخها أكثر تطرفا من مناخ السواحل الشرقية ، كما أن التدرج الحرارى على امتدادها يكون شديد الانحدار جدا بمعنى أن الانتقال من المناخ الحار إلى المناخ البارد يأتى فى مسافة قصيرة ، وقد كان لذلك نتائج اقتصادية هامة ، لأنه أدى إلى تعدد الأنواع المناخية التى تساعد على زراعة غلات متباينة فى مسافة قصيرة نسبيا ، فعلى طول الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية مثلا ، نجد أن الحياة النباتية تتدرج فى مسافة لاتزيد على ٤٦٠٠ كيلومتر من غلات الأقاليم الحارة فى فلوريدا إلى غلات الأقاليم الباردة

فى لبرادور . وشدة تدرج الحرارة على طول الساحل الأمريكى بهذا الشكل هو السبب الرئيسى فى كثرة حدوث التقلبات الفجائية فى درجة حرارة البلاد الواقعة عليه ، لأن مجرد هبوب الرياح من الجنوب أو الشمال كفيل بأن ينقل الحرارة أو البرودة من المناطق المجاورة .

ومثل هذا التدرج السريع يوجد كذلك فى شرق آسيا ، ولكنه أقل وضوحا منه فى شرق أمريكا الشمالية لأن تيار اليابان الدافىء (كوروسيفو) أضعف أثرا من تيار الخليج ، كما أن أثر تيار كمتشتكا البارد أضعف من أثر تيار لبرادور .

٤ — ٣ أثر الارتفاع على درجة الحرارة :

عند الكلام على توزيع الحرارة بصفة عامة على سطح الكرة الأرضية أو على إحدى القارات فإن المعتاد هو إغفال أثر التضاريس ، ولهذا فإن خطوط الحرارة المتساوية التى ترسم على مستوى العالم ومستوى القارات لاتمثل عادة التوزيع الحقيقى للحرارة على سطح اليابس ، ولكن عندما يكون الأمر متعلقاً بالكلام على توزيع الحرارة فى أى منطقة من المناطق ، وخصوصا إذا كانت منطقة صغيرة فلا بد أن يؤخذ عامل التضاريس بعين الاعتبار حتى يكون التوزيع مطابقا للواقع بقدر الإمكان ، حيث أن هذا التوزيع هو الذى يؤثر فعلا فى توزيع كل ما فى هذه المنطقة من مظاهر بشرية وغير بشرية .

ويمكن توضيح توزيع الحرارة فى هذه الحالة بواسطة خطوط الحرارة المتساوية المرسومة على أساس المعدلات الواقعية ، وليس على أساس المعدلات بعد تعديلها لتمثل الحالة عند سطح البحر ، وهو مايتبع فى رسم خطوط الحرارة المتساوية على مستوى العالم أو القارات ، ونظرا لأن درجة الحرارة تتناقص بالارتفاع فإن خرائط خطوط الحرارة المتساوية الفعلية تكون متشابهة إلى حد كبير مع خرائط الخطوط الكنتورية .

وكما أن المعدلات الحرارية تتناقص أفقيا عبر الدوائر العرضية من خط

الاستواء نحو القطبين فإنها تتناقص رأسيا على الجبال عبر الخطوط الكنتورية حتى تنخفض إلى درجة التجمد على القمم العالية فى العروض المختلفة بما فى ذلك العروض المدارية حيث فتغطى هذه القمم بالجليد حيثما يسمح ارتفاعها بذلك)ويظهر عليها مناخ شبيه بمناخ المناطق القطبية .

والمعتاد هو أن تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع بمعدل يطلق عليه تعبير « التناقص الرأسى المعتاد لدرجة الحرارة Normal lapse rate » ، ومقداره درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ مترا ، إلا أن هذا المعدل يتأثر بعوامل مختلفة أهمها رطوبة الهواء وكمية السحب . ففى الجو الرطب يكون معدل التناقص أبطأ منه فى الجو الجاف لأن بخار الماء يمتص الحرارة ويساعد على بقائها فى الطبقات السفلى من الجو كما أن السحب تساعد على خفض معدل التناقص الحرارى الرأسى لأنها تكون بمثابة غطاء يقلل من سرعة انتقال الحرارة من طبقة الجو التى تحتها إلى الطبقات التى فوقها .

ويرجع التناقص الرأسى لدرجة الحرارة عموما إلى ثلاثة عوامل رئيسية هى : ١ ـــ تناقص كثافة الهواء وتخلخله مما يؤدى إلى برودته ذاتيا ، ٢ ـــ تناقص المواد العالقة به وهى الغبار وبخار الماء)وتناقص ثانى أوكسيد الكربون،وهى المواد التى تساعد الهواء على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس ، ٣ ـــ الابتعاد عن الإشعاع الأرضى الذى ينطلق من سطح الأرض فى موجات طويلة يمكن أن يمتصها الهواء ، ويعتبر هذا الإشعاع عاملا رئيسيا فى تسخين الهواء لأنه يستطيع أن يمتص موجاته الطويلة بينما لايستطيع امتصاص الموجات القصيرة للأشعة المباشرة ، وخصوصا إذا كان نقيا .

وعند دراسة الحرارة فى المناطق الجبلية لابد من ملاحظة اختلاف نصيب المنحدرات المختلفة من الإشعاع الشمسى مما يؤدى إلى عدم امتداد خطوط الحرارة المتساوية عليها فى مستويات واحدة ، ففى نصف الكرة الشمالى تكون المنحدرات الجنوبية للجبال أدفأ بكثير من المنحدرات الشمالية فى فصل الشتاء ، ويحدث العكس بالنسبة لجبال نصف الكرة الجنوبى ، ولهذا السبب

فإن خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو مثلا تكون أعلى على المنحدرات الجنوبية لجبال نصف الكرة الشمالى منها على منحدراتها الشمالية ، وينعكس تأثير ذلك على نطاقات الحياة النباتية على هذه المنحدرات .

وبالنسبة للجبال العالية فإن التناقص الحرارى يمكن أن يؤدى إلى تغطية قممها أو منحدراتها بالثلوج فى فصل البرودة أو طول السنة على حسب الفترة التى تنخفض أثناءها متوسطات الحرارة إلى درجة التجمد ، ويطلق تعبير خط الثلج Snow line على الخط الذى يتمشى مع الحد الأسفل للثلج المتراكم على المنطقة فى أى فترة من السنة . ومن الواضح أن ارتفاع هذا الخط على الجبال يتغير بتغير درجة الحرارة حتى أنه قد يختفى تماما فى فصل الصيف . وحيثما تبقى الثلوج طول السنة فإن الخط الذى يحددمناطق بقائها يعرف باسم خط الثلج الدائم . ويختلف ارتفاع هذا الخط من منطقة إلى أخرى على حسب درجة حرارة الجو ورطوبته ، ففى الأقاليم الحارة يكون هذا الخط أعلى بالنسبة لسطح البحر منه فى الأقاليم المعتدلة والباردة ، ويتناقص ارتفاعه كلما اقتربنا من القطبين حتى يصل إلى مستوى سطح البحر فتغطى الأرض كلها بالثلج الذى تتغطى به كذلك معظم المناطق البحرية . ولكن يلاحظ أن تراكم الثلوج فى اى منطقة لايتوقف على انخفاض درجة حرارة الجو إلى أقل من درجة التجمد فقط بل يجب أن يكون الجو محملا ببخار الماء اللازم لتكوين الثلوج التى تكفى لتغطية الأرض . ويلاحظ فى نصف الكرة الشمالى أن خط الثلج الدائم يكون غالبا أعلى على المنحدرات الجنوبية للجبال منه على منحدراتها الشمالية بسبب ارتفاع نصيبها نسبيا من أشعة الشمس ، ويحدث عكس ذلك فى نصف الكرة الجنوبى .

٤ ــ ٤ ــ الانعكاس الحرارى :

رغم أن المعتاد هو تناقص درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع بمعدل درجة مئوية لكل ١٥٠ مترا . فإن هذا التناقص قد يتوقف ، بل وقد ينعكس فى بعض الحالات الخاصة ، ويطلق على هذه الظاهرة تعبير الانعكاس الحرارى

Temperature inversion ، ويوصف التغير الرأسي لدرجة الحرارة عندئذ بأنه تغير رأسي منعكس (أو تناقص رأسي منعكس) Inverted lapse rate ، ويحدث هذا الانعكاس نتيجة لأحد العوامل الآتية :

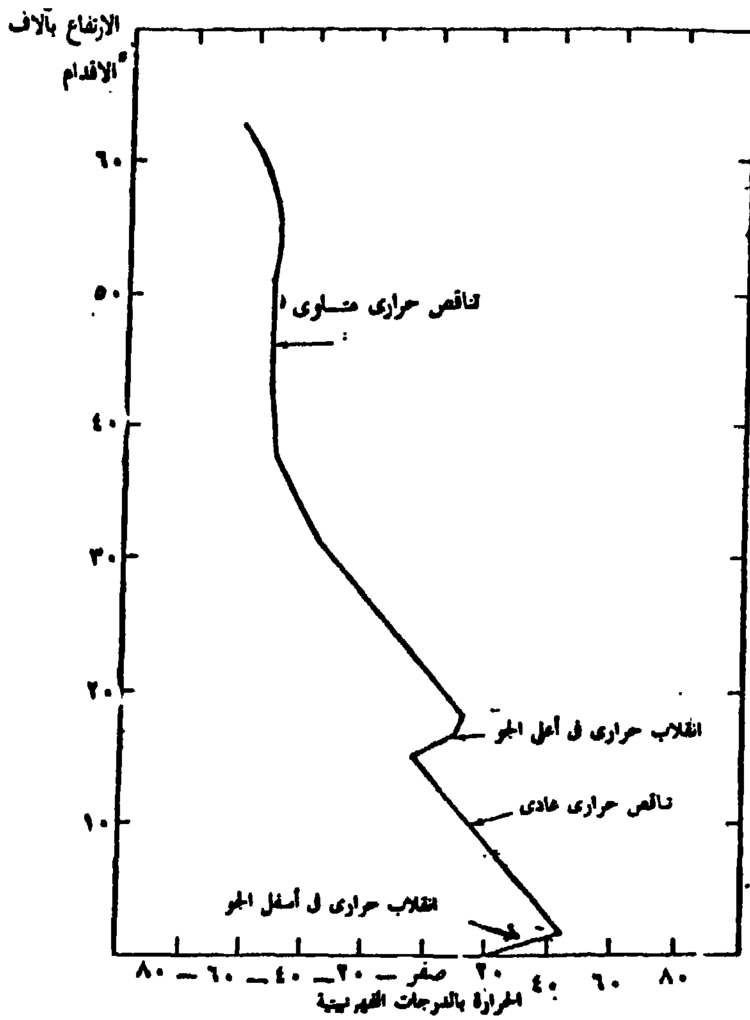
١ ــ نشاط الإشعاع الحرارى من سطح الأرض (الإشعاع الأرضى) فى الليالى الصافية مما يؤدى إلى تزايد برودته وإلى برودة الطبقة الهوائية المجاورة له ، ويكون الانعكاس واضحا بصفة خاصة إذا كان سطح الأرض مغطى بالجليد ، وهو لايحدث عادة فوق سطح الماء بسبب بطء تبريده إلا إذا كان منذ البداية أشد برودة من الهواء الذى فوقه .

٢ ــ انحدار الهواء البارد من المنحدرات العليا للجبال بسبب ثقله نحو الأودية حيث يتجمع على قاعها بشكل بحيرات من الهواءالبارد، ويحدث نتيجة لذلك انعكاس حرارى على جوانب الأودية وفى طبقة الهواء التى فى وسط الأودية فوق الهواء البارد المتجمع على قاعها .

٣ ــ تقابل كتلتين هوائيتين مختلفتى الحرارة حيث يندفع الهواء البارد تحت الهواء الدافىء بسبب ارتفاع كثافته فيحدث انعكاس حرارى فى الجبهة التى بينهما ، ويطلق على هذا الانعكاس اسم انعكاس الجبهات Frontal inversion ، ولايقتصر حدوث هذا النوع من الانعكاس على الطبقات السفلى من التبروبوسفير إذ أنه يمكن أن يحدث كذلك فى المستويات الأعلى عندما يندفع تيار هوائى بارد تحت هواء دافىء أو يندفع تيار دافىء فوق هواء بارد .

٤ ــ مرور هواء دافىء على سطح بارد وليكن سطح مائى أو جليدى أو مجرد منطقة باردة من سطح الأرض ، ففى هذه الحالة يحدث انعكاس حرارى فى الطبقة السفلى من الهواء نتيجة لبرودته بالتلامس مع سطح الأرض البارد .

٥ ــ هبوط الهواء من كتلة هوائية وانتشاره فوق طبقة هوائية سفلى ، ففى أثناء هذه العملية يسخن الهواء ديناميكيا ولكن قسمه الأعلى يكون أكثر



شكل (١٥)
تغير تناقص درجة الحرارة بالارتفاع فى الجو

سخونة من قاعدته . وهذا النوع من الانعكاس الحرارى يمكن أن يحدث فى المستويات الجوية العالية .

٦ ــ فى المناطق القطبية يحدث الانعكاس الحرارى بسبب ارتداد أشعة الشمس من سطح الجليد ، فتكون درجة حرارة الهواء الملامس للجليد

أدنى من درجة حرارة الهواء الأعلى ، وقد تتزايد درجة حرارة الهواء رأسيا لمسافة بضع مئات من الأمتار[1] .

٤ ــ ٥ ــ قياس درجة الحرارة

تستخدم فى قياس درجة الحرارة عدة أجهزة تقليديه هى :*

١ ــ الترمومتر العادى .

٢ ــ الترمومتر المبلل .

٣ ــ ترمومتر النهاية العظمى .

٤ ــ ترمومتر النهاية الصغرى

٤ ــ الترموجراف .

والوحدات المستخدمة لحسابها هى الدرجات المئوية Centigrade (أو Celsius نسبة إلى اسم العالم الذى اقترحها) ــ والدرجات الفهرنهيتية Fahrenheit المنسوبة كذلك إلى اسم العالم الذى اقترحها .

والفرق بين النظام المئوى والنظام الفهرنهيتى هو أن درجة التجمد فى النظام المئوى هى صفر° ودرجة الغليان هى ١٠٠° ، أما فى النظام الفهرنهيتى فإن درجة التجمد هى ٣٢° ودرجة الغليان هى ٢١٢°... وعلى هذا الأساس يكون الفرق بين درجتى التجمد والغليان فى النظام المئوية هو ١٠٠° بينما يكون فى النظام الفهرنهيتى ١٨٠° ، ومعنى هذا أن ١٠٠ درجة مئوية تعادل ١٨٠° فهرنهيتية ، وأن الدرجة المئوية الواحدة تعادل ١,٨ درجة فهرنهيتية .

وإلى جانب هذين النظامين يوجد نظام ثالث قليل الاستخدام فى الدراسات المناخية ، وبمقتضاه تحسب درجات الحرارة العظمى والدنيا المطلقة ، ويعرف باسم نظام كلفن Kelvin ، وهو يبدأ بالصفر المطلق Absolute Zero ويقصد به أدنى درجة فى التدرج الحرارى ، وهى تعادل ــ ٢٧٣°م، وعندها تتوقف كل حركة حرارية فلا تنخفض درجة حرارة أى شىء إلى أقل منها.

(١) حسن أبو العينين ــ مرجع سبق ذكره ــ ١١٣ .

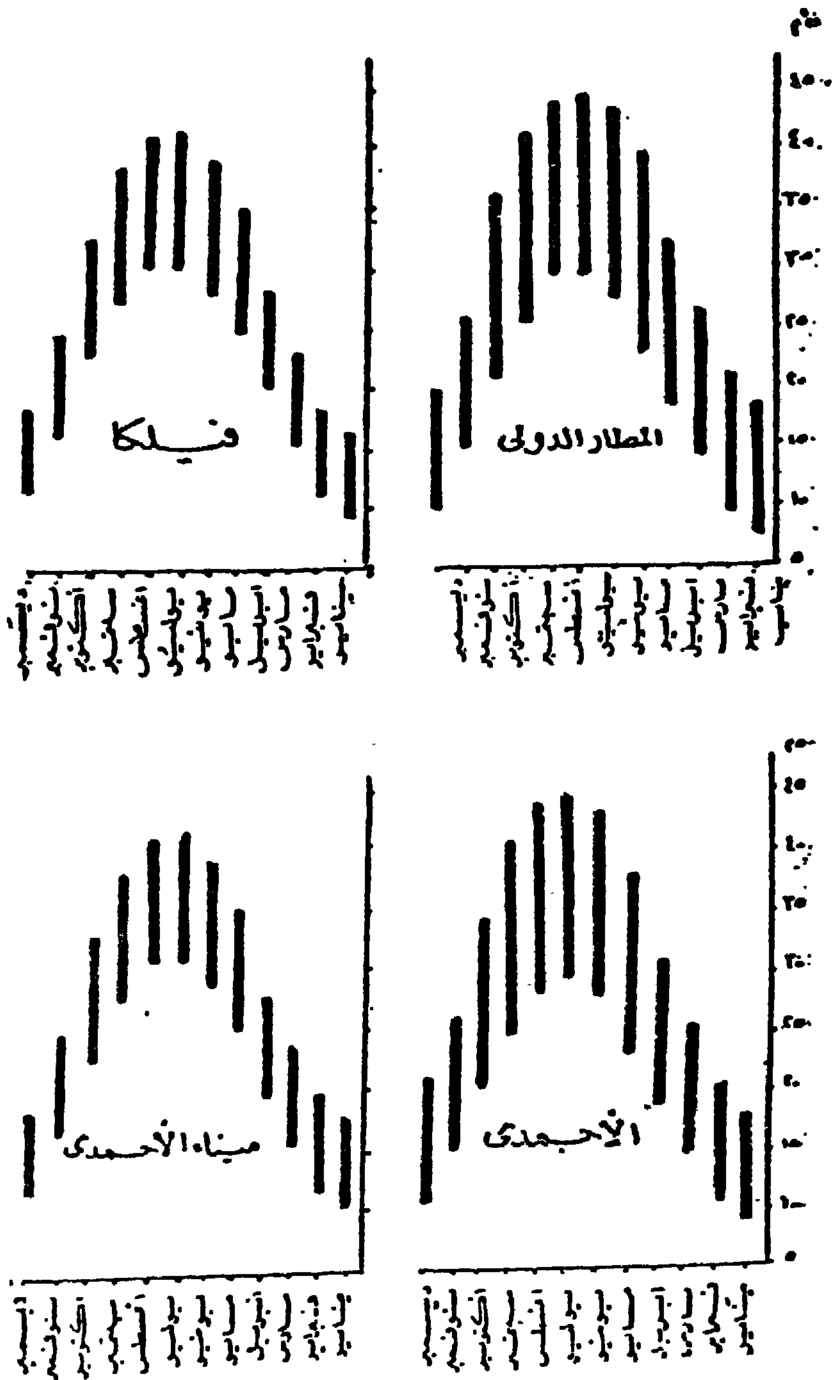
* ملحق رقم (٢) فى آخر الكتاب يوضح الدرجات المتقابلة على حسب النظامين .

ويمكن تحويل درجات الحرارة المئوية إلى درجات حرارة مطلقة بإضافة ٢٧٣° إلى قيمتها .. فدرجة حرارة ١٥° م مثلا تعادل ١٥° + ٢٧٣° = ٢٨٨° مطلقة .

٤ ـــ ٦ ـــ التوضيح الكارتوغرافي للحرارة :

بالإضافة إلى خطوط الحرارة المتساوية التى توضح التوزيع الأفقى لدرجة الحرارة عند مستوى سطح البحر على مستوى القارات أو الأقاليم الواسعة ، وخطوط الحرارة المتساوية الفعلية التى توضح التوزيع الفعلى للحرارة فى مناطق محدودة فى المستويات المختلفة ، فإن التوزيع الزمنى لدرجة الحرارة ومتوسطاتها ومعدلاتها يوضح عادة بمنحنيات يبين بها خط سير النهايات العظمى والنهايات الدنيا أو متوسطات أو معدلات أى منهما فى فترات زمنية معينة ، هى عادة أشهر السنة .

وبمقارنة منحنيات معدلات النهايات العظمى بمعدلات النهايات الصغرى يمكن استخراج خط سير المدى الحرارى فى نفس الفترات ـــ شكل (١٦)



شكل (١٦)

معدلات النهايات العظمى والصغرى والمدى الحرارى اليومى فى بعض المحطات الكويتية

٥

الضغط الجوى

٥ ـ ١ ـ تعريف الضغط الجوى وقياسه .

٥ ـ ٢ ـ التوزيع الأفقي للضغط الجوى .

٥ ـ ٣ ـ النطاقات الدائمة للضغط الجوى والدورة الهوائية العامة المرتبطة بها .

٥ ـ ٤ ـ تأثير الماء واليابس على التوزيع الأفقي للضغط الجوى .

٥ ـ ٥ ـ الضغط الجوى في المستويات العليا من الجو .

٥ ـ ٦ ـ الضغط الجوى والطقس .

٥
الضغط الجوى

Atmospheric Pressure

٥ ـــ ١ ـــ تعريف الضغط الجوى وقياسه :

الضغط الجوى هو الثقل الناتج من الغلاف الجوى على سطح الأرض ، فكل المواد التى توجد عالقة بالهواء والعناصر الغازية التى تدخل فى تركيب الغلاف الجوى عموما لها أوزانها التى تساهم بها فى الضغط الذى يحدثه الغلاف الجوى على أى منطقة تقع تحته .

ويمكننا أن نقدر عظم ثقل الغلاف الجوى إذا عرفنا أن وزن القدم المكعب من الهواء يبلغ فى الظروف العادية حوالى ٤٧ جراما ، وأن وزن عمود من الغلاف الجوى مساحة مقطعة بوصة مربعة على مكان ما فى منسوب سطح البحر يعادل فى المتوسط حوالى ٦,٥٣ كيلوجرام (١٤,٧ رطل) . وبعملية حسابية بسيطة يكون وزن العمود الجوى الواقع على قدم مربع من نفس المكان حوالى طن .

ولكن الضغط الجوى لايحسب فى الأرصاد الجوية أو الدراسات المناخية بهذه الطريقة ، بل يقاس بواسطة عدة أجهزة أهمها البارومتر الزئبقى والباروجراف والبارومتر المفرغ (بارومتر أنيرويد) Aneroid Barometer * ويمكن أن نحسب الضغط الجوى بالبوصات أو السنتيمترات الزئبقية على حسب مايبينه ارتفاع الزئبق فى البارومتر ، أو بالملليبارات على

---

* لوصف هذه الأجهزة وشرح طرق استخدامها ـــ راجع عبد العزيز طريح شرف ـــ المقدمات فى الجغرافيا الطبيعية ـــ ١٩٨٥ ـــ صـ صـ ٢٧٦ ـــ ٢٧٨

أســاس. أن المللیبار يعادل $\frac{1}{1000}$ من « البار » وهو الوحدة الدينامیكیة لقوة الضغط الواقعة على مساحة قدرها سنتيمتر مربع من سطح الأرض . والمللیبار هو الوحدة الأكثر استخداما فى الوقت الحاضر ، فى الرصد الجوى وتبادل البيانات الجوية على مستوى العالم . مع ملاحظة أن البوصة الزئبقية تعادل ٣٣,٩ مللیبار وأن السنتيمتر الزئبقى يعادل ١٣,٦ مللیبار ، وأن معدل الضغط الجوى عند سطح البحر يعادل ١٠١٣,٢ مللیبار أو ٧٦ سنتيمترا زئبقيا أو ٢٩,٩٢ بوصة زئبقية . والمقصود بالقياس البارومترى الزئبقى هو أن وزن عمود الغلاف الجوى الواقع على بوصة مربعة من سطح الأرض يعادل فى المتوسط وزن عمود الزئبق الذى بداخل البارومتر عندما يكون ارتفاعه ٧٦ سم أو ٢٩,٩٢ بوصة .

ومن الطبيعى أن يكون هناك تناسب عكسى بين الضغط الجوى والارتفاع عن سطح البحر ، وذلك بسبب تناقص سمك الغلاف الجوى وتناقص نسبة الغازات الثقيلة التى تدخل فى تركيبه . وعلى الرغم من أن سرعة تناقص الضغط الجوى بالارتفاع ليست واحدة فى كل قطاعات الجو ، وبأنه يتأثر بصفاء الجو وبوجود بخار الماء والغبار فى المستويات المنخفضة ، فإن هناك معدلات عامة وتقريبية لهذا التناقص فى المستويات المختلفة كما يبنها الجدول (٦) ومنه يتبين أن التناقص يكون سريعا نسبيا فى المستويات المنخفضه ثم يتناقص معدله كلما زاد الارتفاع ، فبينما يتناقص بمعدل ١١ ملليبارا فى كل مائه متر فى المستويات الواقعة بين سطح البحر وارتفاع ١٥٠٠ متر ، فإنه يتناقص بمعدل ٦ ملليبارات فى المستويات الواقعة بين ٦٠٠٠ و ٧٥٠٠ متر وبمعدل ٠,٧ فى المستويات الواقعة بين ١٥ الف و ٣٠ الف متر .

وتستخدم معدلات تناقص الضغط الجوى بالارتفاع فى بعض المجالات التى تلزم لها معرفة الضغط الجوى فى المستويات المرتفعة بالنسبة للمعدلات المأخوذه عند سطح البحر ، مثل رسم خرائط توزيع الضغط الجوى والرياح على مستويات جوية معينة ، ومعرفة ارتفاع الطائرات وارتفاع قمم الجبال العالية .

وترسم خرائط توزيع الضغط الجوى فى طبقات الجو العليا بطريقتين ، ففى احداهما يحدد الارتفاع الذى يراد حساب ضغطه الجوى ثم ترسم الخرائط التى تبين توزيع الضغط على هذا الارتفاع ، وفى الثانية يحدد مستوى الضغط الجوى المطلوب توزيعه وحساب ارتفاعاته على المناطق المختلفة ثم ترسم خطوط كنتورية لتوضيح الارتفاعات التى يوجد عليها هذا الضغط .

جدول (٦) معدل تناقص الضغط الجوى بالارتفاع

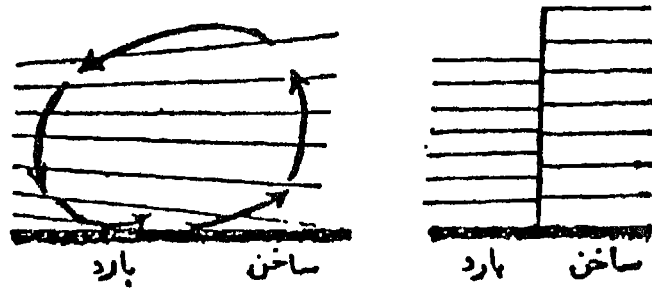
الارتفاع عن سطح البحر بالأمتار	معدل التناقص لكل ١٠٠ متر بالمليبارات
سطح البحر ــ ١٥٠٠	١١
١٥٠٠ ــ ٣٠٠٠	١٠
٣٠٠٠ ــ ٤٥٠٠	٨
٤٥٠٠ ــ ٦٠٠٠	٧
٦٠٠٠ ــ ٧٥٠٠	٦
٧٥٠٠ ــ ١٥٠٠٠	٦
١٥٠٠٠ ــ ٣٠٠٠٠	٠,٧

٥ ـــ ٢ ـــ التوزيع الأفقى للضغط الجوى :

بينما يتناقص الضغط الجوى بانتظام تقريبا فى توزيعه الرأسى فإن توزيعه الأفقى يخضع لعدة عوامل تؤدى إلى تباينه من مكان إلى آخر وإلى تغيره من وقت إلى آخر ، وإن هذا التباين المكانى وهذا التغير الزمنى هما اللذان يتحكمان فى حركة الرياح على سطح الكرة الأرضية ، سواء على نطاق إقليمى واسع أو على نطاق محلى بين الأماكن المتجاورة ، وسواء كانت هذه الحركة بشكل نسيم خفيف ، أو بشكل عواصف مدمرة . ولهذا فإن التوزيع الأفقى للضغط الجوى هو الذى يدخل دائما فى دراسة المناخ .

وأهم العوامل التى تتحكم فى التوزيع الأفقى للضغط الجوى هى درجة الحرارة ورطوبة الهواء والتقاء التيارات الهوائية من اتجاهات متقابلة . وتعتبر درجة الحرارة بالذات العامل الرئيسى الذى يتحكم فى توزيع الضغط الجوى الذى يتناسب معها تناسبا عكسيا ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة تمدد الهواء وقلت كثافته وحدث به تصعيد إلى أعلى فيتكون نتيجة لذلك ضغط منخفض . وكلما انخفضت درجة الحرارة انكمش الهواء وزادت كثافته وهبط نحو سطح الأرض فيتكون نتيجة لذلك ضغط مرتفع ، فإذا كانت منطقتا الضغط الجوى المنخفض والضغط المرتفع متجاورتين فإن الرياح تتحرك عند سطح الأرض من منطقة الضغط المرتفع التى هبط هواؤها إلى منطقة الضغط المنخفض التى حدث تصعيد فى هوائها ، بينما يحدث العكس فى أعلى الجو حيث تتحرك الرياح من المنطقة التى حدث تصعيد فى هوائها إلى المنطقة الأخرى التى حدث هبوط فى هوائها ، وهكذا تتكون دورة هوائية خاصة بين المنطقتين (شكل ١٧) .

أما رطوبة الهواء فإن تأثيرها لايمكن أن يقارن بتأثير درجة الحرارة ومع ذلك فإن زيادتها تساعد على نقص الضغط الجوى لأن بخار الماء أخف من الهواء وأنه لهذا السبب يظل عالقا به .



شكل (١٧) أنتقال الهواء بين منطقتين إحداهما سطحها ساخن والثانية سطحها بارد

أما التقاء التيارات الهوائية فيرجع تأثيره على الضغط الجوى إلى أنه يؤدى فى حالة حدوثه عند سطح الأرض إلى حدوث تيارات صاعدة فى الهواء فينتج عن هذا ضغط منخفض ، وأنه يؤدى فى حالة حدوثه فى أعلى التروبوسفير إلى حدوث تيارات هابطة فينتج عن هذا ضغط مرتفع .

وعلى الرغم من أن الضغط الجوى يتأثر كذلك بالارتفاع عن سطح البحر ، كما سبق أن ذكرنا ، فإن تأثير هذا العامل لايظهر عادة إلا على نطاق محلى ولايتدخل فى النظام العام لهبوب الرياح ، ولهذا فإن خرائط توزيع الضغط الجوى المستخدمة فى دراسة المناخ ترسم على أساس استبعاد تأثير الارتفاع . ويوضح التوزيع فى هذه الخرائط بواسطة خطوط تصل الأماكن التى يتساوى عليها الضغط بعد تعديل القياسات المأخوذة على المرتفعات لتمثل الحالة عند سطح البحر .

ويمكن أن ترسم خطوط الضغط الجوى المتساوى لتوضيح توزيع الضغط الجوى فى أى فترة من الزمن ، فمنها مايرسم لتوضيح الضغط فى ساعة معينة ، كما هو متبع فى رسم خرائط الطقس ، ومنها مايرسم فى الخرائط المناخية لتوضيح المعدلات الشهرية والسنوية للضغط الجوى .

ويوصف الضغط الجوى عادة بأنه مرتفع High إذا زاد عن ١٠١٣ ملليبارا (أو ٢٩,٢٩ بوصة زئبقية أو ٧٦ سنتيمترا زئبقيا) وبأنه منخفض Low إذا

انخفض عن هذا المقدار ، ومع ذلك فإن ارتفاع الضغط الجوى أو انخفاضه على أى منطقة قد يكون نسبيا بالمقارنة بالضغط الجوى على المناطق المجاورة ، حيث يوصف مثلا بأنه مرتفع إذا كان أقل من المقدار السابق وكان فى نفس الوقت أعلى منه على المناطق المجاورة . وبغض النظر عن الانخفاض غير العادى الذى قد يسجل فى قلب الأعاصير والمنخفضات الجوية العارضة فإن مدى التباين فى الضغط الجوى على سطح الكرة الأرضية لايزيد عادة على ٤٠ ملليبارا (حوالى ١,٢ بوصة أو ثلاثة سنتيمترات زئبقية) .

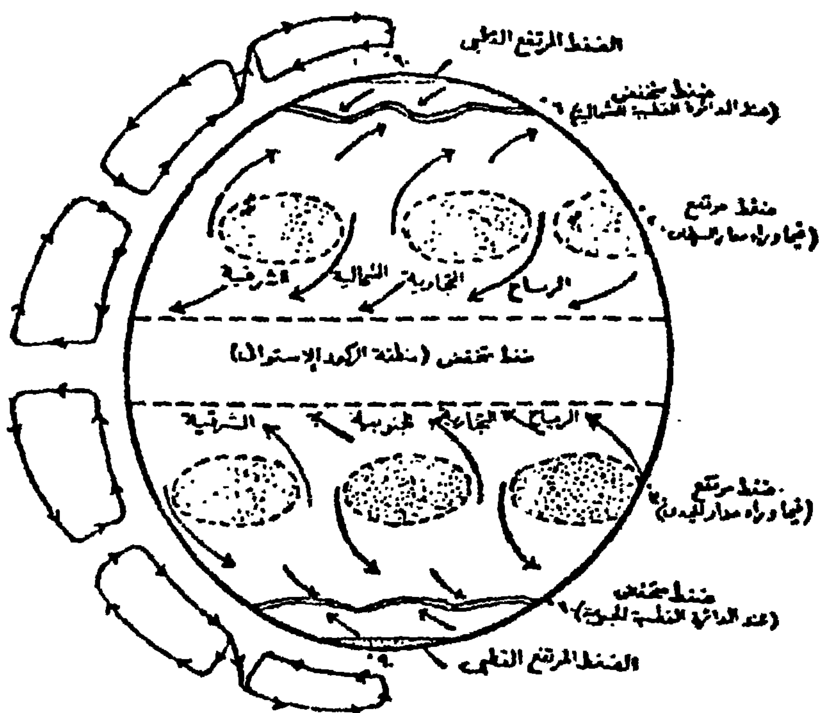
٥ ـ ٣ ـ النطاقات الدائمة للضغط الجوى والدورة الهوائية العامة المرتبطة بها :

إذا صرفنا النظر عن تباين الضغط الجوى على سطح الكرة الأرضية من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر بسبب اختلاط الماء باليابس واختلاف تأثير الإشعاع الشمسى على كل منهما وبسبب تباين التضاريس فإن الضغط الجوى يتوزع على سطحها فى نطاقات عامة تتفق مع دوائر العرض وتتزحزح شمالا وجنوبا تبعا لحركة الشمس الظاهرية . فعلى فرض أن سطح الأرض كله مكون من ماء أو من يابس وأنه فى منسوب سطح البحر فإن نطاقات الضغط الجوى والرياح العامة تتوزع عليه بنظام خاص يفرضه عاملان رئيسيان هما : توزيع الإشعاع الشمسى على خطوط العرض والتأثير الديناميكى الذى تفرضه الدورة الهوائية العامة بين هذه النطاقات .

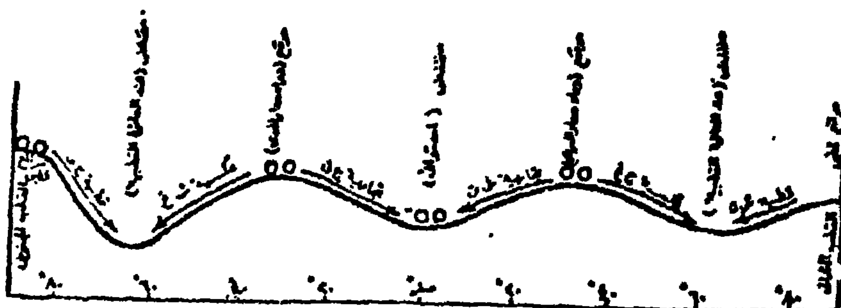
ففى النطاق الممتد حول خط الاستواء يوجد نطاق من الضغط الجوى بسبب ارتفاع درجة الحرارة ونشاط حركات التصعيد . وفى أعلى التروبوسفير يتوزع الهواء الصاعد فى أعلى الجو بشكل رياح علوية باردة تتجه نحو القطبين ، وفيما بين خطى عرض ٣٠° و ٣٥° تقريبا تلتقى هذه الرياح برياح باردة أخرى قادمة فى أعلى الجو من ناحية القطبين فتنشأ نتيجة لالتقائهما تيارات

هوائية هابطة تؤدى إلى تكون نطاقين من الضغط المرتفع عند سطح الأرض يشتهر الشمالى منهما باسم نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان والجنوبى باسم نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى .

ومن هذين النطاقين تتوزع الرياح نحو خط الاستواء من ناحية ونحو الدائرتين القطبيتين من ناحية ثانية . وتشتهر الرياح التى تتجه نحو خط الاستواء باسم الرياح التجارية، ويكون اتجاهها شماليا شرقيا فى نصف الكرة الشمالى وجنوبيا شرقيا فى نصفها الجنوبى . أما الرياح التى تتجه ناحية الدائرتين القطبيتين فتشتهر باسم الرياح العكسية أو الغربية ويكون اتجاهها جنوبيا غربيا فى نصف الكرة الشمالى وشماليا غربيا فى نصفها الجنوبى . وفيما بين خطى عرض ٤٥° و ٦٠° فى نصفى الكرة تلتقى الرياح العكسية برياح قطبية شديدة البرودة قادمة من نطاق الضغط المرتفع اللذين يتكونان على المناطق القريبة من القطبين بسبب شدة البرودة وهبوط الرياح نحو سطح الأرض . ويؤدى التقاء الرياح العكسية بالرياح القطبية إلى تكون تيارات هوائية صاعدة فى منطقة التقائهما ، أى فيما بين خطى عرض ٤٥° و ٦٠° ، فيؤدى هذا إلى ظهور نطاقين من الضغط المنخفض على هذه العروض . وفى أعلى الجو يتوزع الهواء الصاعد فى هذين النطاقين فيتجه بعضه نحو القطبين حيث يهبط فى منطقتى الضغط المرتفع القطبيتين ، ويتجه بعضه الآخر ناحية المدارين حيث يهبط فى منطقتى الضغط المرتفع وراء المدارين (شكل ١٨ و شكل ١٩)



شكل (١٨) نطاقات الضغط الرئيسية والدورة الهوائية العامة



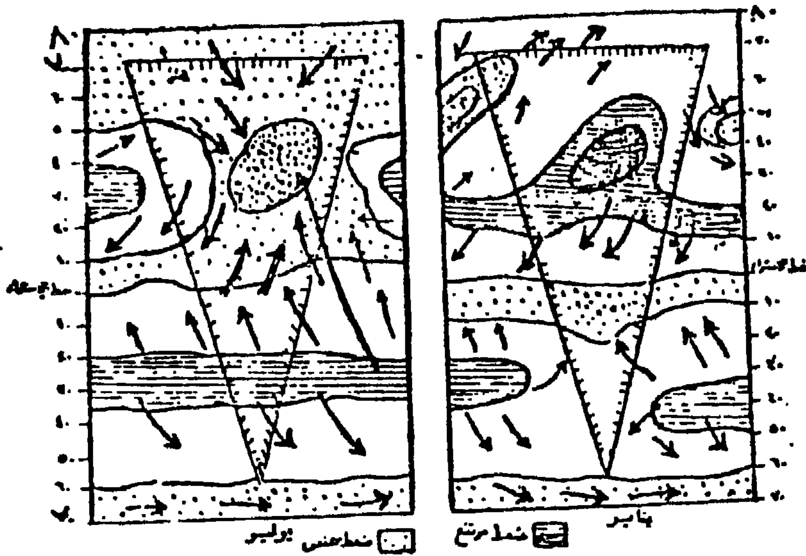
شكل (١٩) شكل تخطيطي يوضح نطاقات الضغط الرئيسية
والرياح العامة التي تنتقل بينها

٥ ــ ٤ ــ تأثير الماء واليابس على التوزيع الأفقى للضغط الجوى :

لو كان سطح الكرة الأرضية كله ماء أو كان كله يابسا فى منسوب سطح البحر لبقى توزيع نطاقات الضغط الجوى العامة متمشيا بانتظام مع دوائر العرض ، كما سبق أن ذكرنا ولكان كل مايطرأ على هذه النطاقات من تغير هو أنها تتزحزح نحو الشمال فى فصل الصيف الشمالى ونحو الجنوب فى فصل الشتاء تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، ولكن الواقع هو أن سطح الكرة الأرضية مكون من ماء ويابس . ونظرا لأن تأثير الإشعاع الشمسى لايكون واحدا عليهما فإن نطاقات الضغط الجوى العامة لاتحافظ على امتدادها العام مع دوائر العرض بل تتقطع ويتعدل توزيعها من فصل إلى آخر على حسب مايفرضه تغير الأحوال الحرارية على البحار من ناحية وعلى القارات من ناحية أخرى . ويتعدل توزيعها بصفة خاصة فى نصف الكرة الشمالى حيث يبلغ اليابس أقصى اتساعه . أما فى النصف الجنوبى فيكون التعديل أقل وضوحا بسبب ضيق القارات والتقاء مياه المحيطات بعضها ببعض فى نطاق عريض يمتد من الأطراف الجنوبية لإفريقيا وأمريكا الجنوبية واستراليا حتى القارة القطبية الجنوبية . ففى هذا النطاق يكاد اليابس يختفى تقريبا ، ولهذا فإن نطاق الضغط المنخفض عند الدائرة القطبية الجنوبية لايكاد يطرأ عليه أى تغير بين الصيف والشتاء ، باستثناء تزحزحه قليلا نحو الشمال فى فصل الصيف (الشمالى) ونحو الجنوب فى فصل الشتاء . ويبين الشكل (٢٠) نظام الضغط الجوى والرياح على قارة نموذجية فى الشتاء والصيف .

ويمكن تلخيص التغيرات التى تطرأ على نطاقات الضغط العامة كما يلى :

فى فصل الصيف الشمالى تتزحزح كل نطاقات الضغط العامة نحو الشمال فيقع نطاق الضغط المنخفض الاستوائى كله تقريبا إلى الشمال من خط الاستواء وتكون مراكزه الرئيسية واقعة على الهند والسودان وجنوبى أمريكا الشمالية . ويتكون فى نفس الفصل ضغط منخفض شديد العمق والاتساع



شكل (٢٠) توزيع الضغط الجوى والرياح على قارة نموذجية في الشتاء والصيف

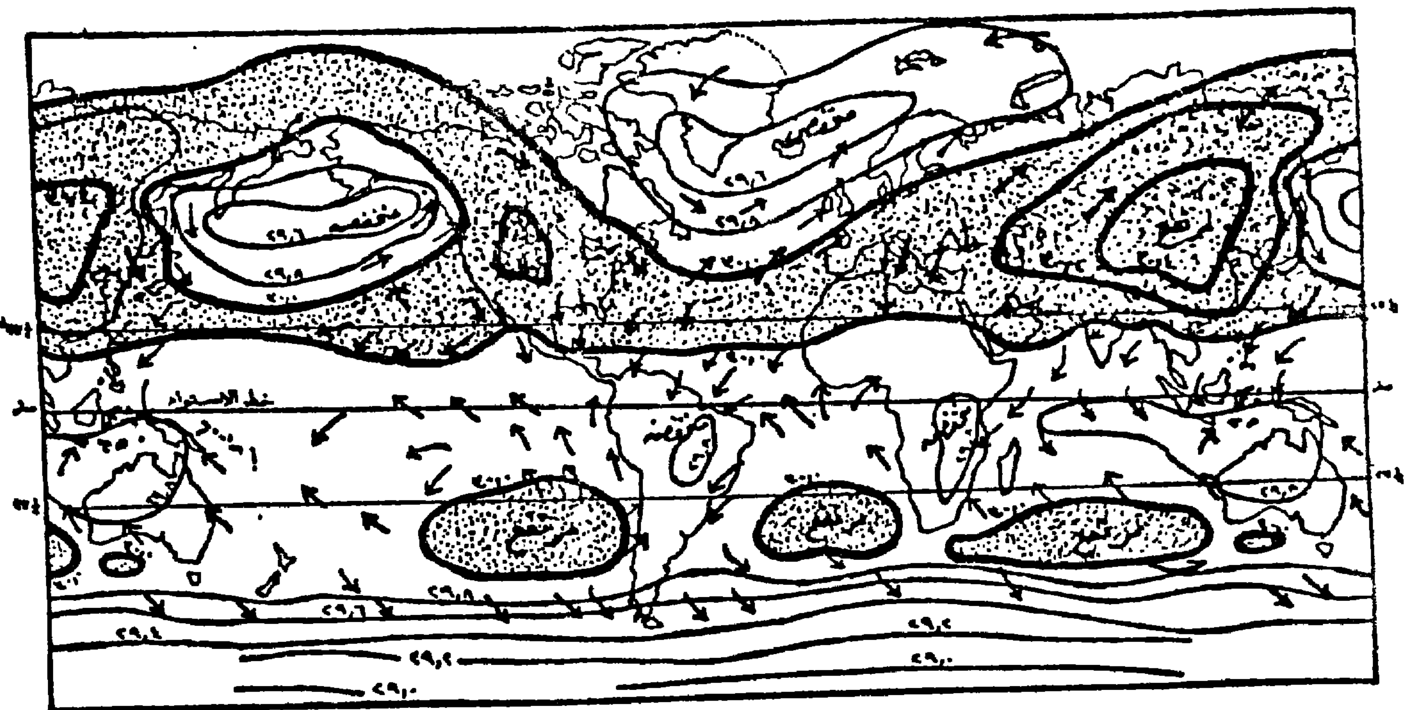
على أواسط آسيا ويقابله ضغط منخفض آخر أقل منه عمقا واتساعا على أمريكا الشمالية . ويلتقى هذان الضغطان من ناحية الجنوب بالضغط المنخفض الاستوائى ، ومن ناحية الشمال بالضغط المنخفض عند الدائرة القطبية الشمالية ، ويكون هذا الضغط عندئذ ممتدا بدون انقطاع على شمالى أوراسيا وأمريكا الشمالية وشمالى المحيطين الأطلسى والهادى . أما نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى فيختفى تقريبا من على آسيا وأمريكا الشمالية ويقتصر وجوده على منطقتين منفصلتين إحداهما على شمالى المحيط الهادى والثانية على وسط المحيط الأطلسى الشمالى حول جزر آزورس التى تقع فى مركزه ، ولهذا فإنه يشتهر باسم الضغط المرتفع الآزورى ، ومن هذا يتضح أن الضغط المنخفض يكون هو المسيطر على القسم الأعظم من نصف الكرة الشمالى .

أما فى النصف الجنوبى فإن التغير الذى يطرأ على نطاقات الضغط الجوى العامة فى هذا الفصل (الشتاء الجنوبى) يكون محدودا حيث يكاد ينحصر فى

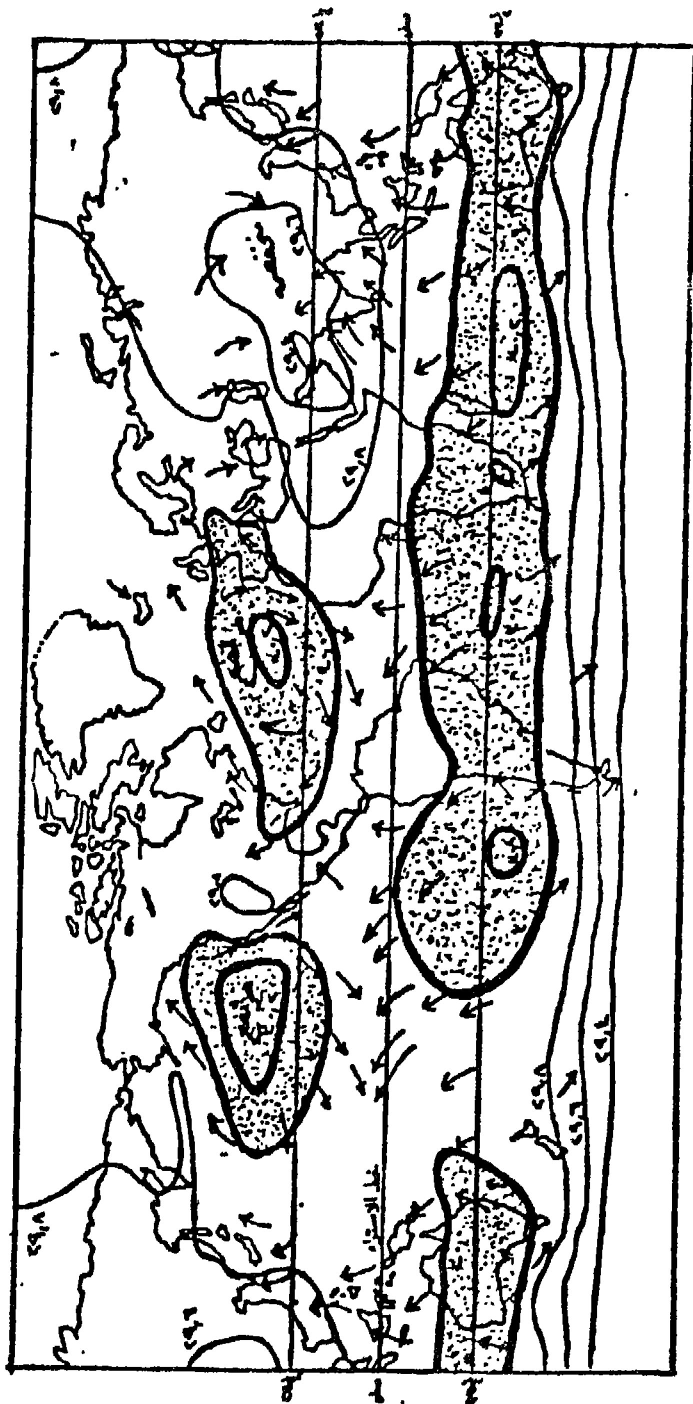
تزحزح هذه النطاقات نحو الشمال ، بحيث تنتقل كل مراكز الضغط المنخفض الاستوائى إلى الشمال من هذا الخط. وتتكون للضغط المرتفع وراء مدار الجدى ثلاثة مراكز على المحيطات حوالى خط عرض ٣٥° جنوبا . ولكنه يظل ممتدا بدون انقطاع تقريبا على استراليا وجنوبى إفريقيا وجنوبى أمريكا الجنوبية .

وفى فصل الشتاء الشمالى يحدث عكس مايحدث فى الصيف تقريبا حيث تتزحزح نطاقات الضغط العامة كلها تقريبا نحو الجنوب ، فتنتقل مراكز الضغط المنخفض الاستوائى إلى جنوب خط الاستواء حيث تقع على شمالى استراليا ووسط إفريقيا ووسط أمريكا الجنوبية ، وتتكون على أوراسيا وأمريكا الشمالية منطقتان من الضغط المرتفع ، الأولى منهما أوسع وأشد ارتفاعا من الثانية بسبب عظم اتساع كتلة أوراسيا . وتتصل هاتان المنطقتان بالضغط المرتفع الأزورى على المحيط الأطلسى، ويتكون من الجميع نطاق عظيم من الضغط المرتفع الذى يمثل فى الواقع نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان . وتتكون فوق المحيط الأطلسى والمحيط الهادى الشماليين منطقتان عظيمتان من الضغط المرتفع يمثلان نطاق الضغط المنخفض القريب من الدائرة القطبية الشمالية . ويشتهر الضغط المنخفض على المحيط الأطلسى الشمالى باسم « الضغط المنخفض الأيسلندى » نسبة إلى جزيرة أيسلندة التى يتمركز حولها ، أما الضغط المنخفض على المحيط الهادى الشمالى فيشتهر باسم « الضغط المنخفض الألوشى » نسبة إلى جزر ألوشيان التى تقع فى قلبه تقريبا . ومن هذا يتضح أنه ، على العكس مما يحدث فى فصل الصيف (الشمالى) فإن نصف الكرة الشمالى يكون فى جملته خاضعا لنطاق عظيم من الضغط المرتفع . أما على نصف الكرة الجنوبى فتمتد ألسنة من الضغط المنخفض الاستوائى الذى يتزحزح جنوبا على استراليا وجنوبى إفريقيا ووسط أمريكا الجنوبية ، وتؤدى هذه الألسنة إلى انقسام نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى إلى ثلاث مناطق منفصلة على المحيطات الثلاثة على امتداد خط عرض ٣٥° جنوبا تقريبا .

وتبين الخريطتان (الشكلان ٢١ و ٢٢) توزيع الضغط الجوى والرياح فى العالم فى شهرى يناير ويوليو بالترتيب .



شكل (٢٢) توزيع الضغط الجوى والرياح فى العالم فى شهر يناير



شكل (٢١) توزيع الضغط الجوي والرياح في العالم في شهر يوليو

٥ ـ ٥ ـ الضغط الجوى فى المستويات العليا من الجو .

إن الطريقة المستخدمة حاليا لقياس عناصر المناخ فى المستويات العليا من الجو هى بالونات الرصد الجوى المعروفة باسم الراديو سوند Radio Sonde *، ولكن المستويات التى أمكن قياس عناصرها بهذه الطريقة لايزيد ارتفاعها غالبا على ٣٥ كيلومترا . وقد ساعد تقدم أبحاث الفضاء على الحصول على معلومات أكثر تفصيلا ودقة عن المستويات الأعلى من ذلك . ولكن على الرغم من كل هذا فمازالت البيانات الخاصة بالضغط الجوى والرياح فى المستويات العليا غير كافيه لرسم خرائط دقيقة لها . ولهذا فإن الضغط الجوى فى المستويات المرتفعة يحسب غالبا على أساس الضغط الجوى عند مستوى سطح البحر ومايطرأ عليه من تغير رأسى ، وهناك نوعان من خرائط الضغط الجوى فى المستويات العليا يحدد فى أحدهما ارتفاع المستوى الذى يراد رسم خريطة الضغط الجوى له وليكن مستوى ٥٠٠ متر أو أكثر أو أقل فوق سطح البحر بينما تحدد فى الثانى قيمة الضغط الجوى الذى يراد معرفة ارتفاعه على المناطق المختلفة وليكن ٧٠٠ ملليبار مثلا ، وتوصل الارتفاعات التى يوجد فيها هذا الضغط بخطوط أشبه بالخطوط الكنتورية، وهذه هى الطريقة التى يكثر استخدامها فى الوقت الحاضر ، وخصوصا عند توزيع ارتفاع ضغط جوى معين فى الأجواء العليا لمناطق واسعة .

٥ ـ ٦ ـ الضغط الجوى والطقس :

تكلمنا فيما سبق عن الضغط الجوى كعنصر مناخى ، وأوضحنا توزيع نطاقاته العامة ، ومايطرأ عليها من تغيرات فعلية بسبب تأثير الماء واليابس، وهى موضوعات مهمة فى دراسة المناخ ، سواء على مستوى العالم أو على مستوى القارات أو الأقاليم . ولكنها ليست مهمة بنفس الدرجة لتفهم الدور الكبير

* هو جهاز صغير (فى حجم الراديو الصغير) ، وبه أجهزة تسجيل لقياس مختلف عناصر الجو وإرسال نتائج القياس إلى محطة الاستقبال على الأرض ، ويعلق هذا الجهاز فى بالون يملأ بالأيدروجين أو الهيليوم أو أى غاز خفيف لكى يرتفع بسهولة فى الجو .

الذى يلعبه الضغط الجوى فى أحوال الطقس اليومية ومايطرأ عليها من تغيرات أو تقلبات قد تكون بالغة العنف فى بعض الأحيان .

فالضغط الجوى يعتبر من أهم العناصر التى تبنى عليها خرائط االطقس التى تستند إليها التوقعات الجوية فى كل الدول ، ولهذا فإن محطات الأرصاد تقوم بقياسه وتسجيله دون توقف ، كما تقوم المحطات الرئيسية بتوضيح توزيعه مرتين أو أربع مرات يوميا فى ساعات معينة على خرائط الطقس المعروفة . وتستخدم فى توضيحه على هذه الخرائط نفس طريقة توضيحه على خرائط المناخ ، أى بواسطة خطوط الضغط المتساوى ، ولكن مع فارق أساسى ، وهو أن الخطوط التى ترسم على خرائط الطقس تبنى على نتائج القياس المأخوذة فى ساعات معينة بينما تبنى الخطوط التى ترسم على خرائط المناخ على أساس المعدلات الشهرية ، ولهذا فانها تغفل التغيرات التى تحدث من ساعة إلى أخرى أو من يوم إلى آخر ، أما الخطوط التى ترسم على خرائط الطقس فإنها تبين تفاصيل توزيع الضغط فى ساعات محددة بحيث يمكن استخدامها لمعرفة التغيرات التى تحدث لهذا التوزيع من وقت إلى آخر فيمكن بذلك معرفة أحوال الطقس بالتفصيل وتقدير التغيرات التى يمكن أن تطرأ عليها .

وليس من السهل أن نحدد هنا كل ظاهرات الطقس التى تصاحب تغيرات الضغط الجوى المختلفة ، لأن هذه الظاهرات تتباين على حسب عوامل كثيرة أهمها شدة هذه التغيرات ، وميلها إلى الانخفاض أو الارتفاع ، وشدة انحدار الضغط نحو مركز المنخفض أو المرتفع الجوى وطبيعة المنطقة وغير ذلك من العوامل ، ومع ذلك فمن الممكن التمييز بسهولة بين الظاهرات التى تصاحب ارتفاع الضغط الجوى والظاهرات التى تصاحب انخفاضه بغض النظر عن تباينها فى الشدة كما يلى .

عندما يكون الضغط مرتفعا على أى مكان يكون الطقس عادة صحوا والشمس ساطعة والسماء خالية من السحب ويميل الهواء للسكون ، أو تهب رياح خفيفة يكون اتجاهها دائما مع اتجاه حركة عقرب الساعة حول مركز

الضغط المرتفع فى نصف الكرة الشمالى ، وعكسه فى نصفها الجنوبى ويطلق تعبير مرتفع جوى High Pressure أو Anticyclone عادة على لضغط المرتفع الذى يتكون بصورة مؤقتة على مكان ما . وذلك تمييزا له عن المنخفض الجوى Depression أو Cyclone الذى يتكون كذلك بصورة مؤقتة نتيجة لالتقاء نوعين مختلفين من الهواء ، أو نتيجة لتسخين سطح الأرض فى منطقة ما . وكثيرا مايكون المرتفع الجوى هو مجرد منطقة فاصلة بين منخفضين جويين .

وعلى العكس من الهدوء الذى يصاحب ارتفاع الضغط الجوى فان انخفاضه يكون مصحوبا غالبا باضطرابات متباينة فى شدتها ومظاهرها ، فمنها ماهو بسيط فلايصاحبه الا تغير فى اتجاه الرياح وزيادة محدودة فى سرعتها مع ظهور بعض السحب ، ومنها ماهو عنيف بدرجة تؤدى إلى هبوب رياح عاصفة وهطول أمطار رعدية شديدة ، كما يحدث عند مرور كثير من المنخفضات الجوية الشتوية فى العروض المعتدلة ، ومنها ماهو بالغ العنف بدرجة تؤدى إلى كوارث مروعة وتسبب خسائر فادحة فى الأموال والأرواح كما يحدث أحيانا فى الأعاصير التى تشتهر بها بعض المناطق المدارية .

٦

الرياح

٦ ــ ١ ــ تعريف الرياح ونظام هبوبها .

٦ ــ ٢ ــ سرعة الرياح .

ــ النظام اليومى لسرعة الرياح .

ــ قياس سرعة الرياح .

٦ ــ ٣ ــ أنواع الرياح السطحية .

٦ ــ ٣ ــ ١ ــ الرياح السطحية العامة .

أ ــ الرياح التجارية .

ب ــ الرياح الغربية .

جـ ــ الرياح الموسمية .

٦ ــ ٤ ــ التمثيل الكارتوغرافى للرياح .

٦ ــ ٥ ــ الرياح العليا .

٦
الريـاح

٦ ـــ ١ ـــ تعريف الرياح ونظام هبوبها :

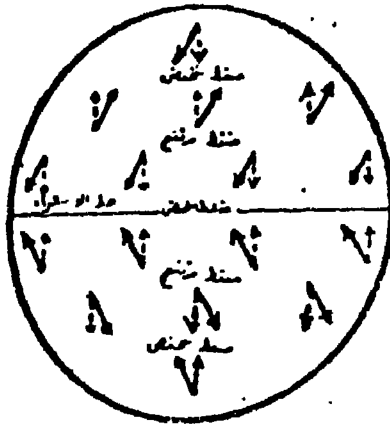
المقصود بالرياح هو الحركة الطبيعية للهواء سواء أكانت بطيئة أو سريعة ، والعامل الرئيسى لهبوب الرياح هو اختلاف الضغط الجوى من مكان إلى آخر . وتهب الرياح دائما من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض القريبة منها ، وتتبع عند هبوبها نظاما ثابتا حيث تنحرف دائما إلى اليمين من هدفها فى نصف الكرة الشمالى وإلى اليسار منه فى نصفها الجنوبى على حسب قانون فيريل Ferrel .

ويحدث هذا الانحراف بسبب « التأثير الكوريولى (أو القوة الكوريولية) Coriolis effect or force »[٧] ، وهو التأثير الناتج من دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق ، وتناقص سرعة دوران محيطها كلما اتجهنا من الدائرة الاستوائية نحو القطبين . فعلى الدائرة الاستوائية تبلغ سرعة الدوران ١٧٠٠ كم/ ساعة ، ثم تتناقص ناحية القطبين لتصل إلى نصفها تقريبا عند دائرة عرض ٦٠° ثم إلى الصفر عند القطب نفسه .

وبمقتضى هذا الانحراف فإن الرياح العامة فى نصف الكرة الشمالى تنحرف نحو الغرب إذا كانت متجهة نحو خط الاستواء ونحو الشرق إذا كانت متجهة نحو القطب الشمالى . بينما يحدث العكس فى نصف الكرة الجنوبى . (شكل (٢٣) .

---

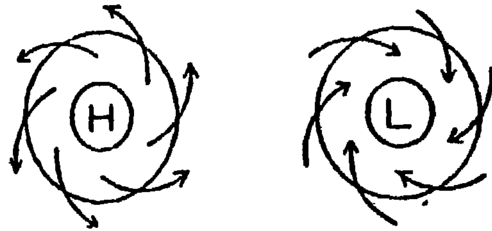
٧ هذا التعبير منسوب إلى اسم الباحث الفرنسى الذى اكتشف هذا التأثير وهو G. Coriolis سنة ١٩٤٤



شكل (٢٣) انحراف الرياح العامة



خط الاستواء



شكل (٢٤) اتجاه الرياح حول مراكز الضغط المرتفع
ومراكز الضغط المنخفض فى نصفى الكرة

ويحدث انحراف الرياح بصورة أ. سح عند هبوبها حول المرتـ ات الجوية والمنخفضات الجوية حيث تميل الرياح فى نصف الكرة الشمالى للهبوب فى اتجاه متفق مع اتجاه دوران عقرب الساعة حول المرتفع الجوى ومضاد له حول المنخفض الجوى ، ويحدث العكس فى نصف الكرة الجنوبى (شكل ٢٤) . ونصدق نفس القاعدة عند هبوب الرياح حو. مراكز الأ ماصير والدوامات الهوائية .

والدائرة الاستوائية هى الدائرية العرضية الوحيدة التى لاتنحرف الرياح عند عبورها لها سواء عند هبوبها من الشمال أو من الجنوب ، وذلك لأن التأثير الكوريولى ينعدم على هده الدائرة ثم يتزايد كلما ابتعدنا عنها نحو الشمال ونحو الجنوب حتى يصل إلى أقصاه عند القطبين .

ويرجع ذلك إلى أن اتجاه التأثير الكوريولى يكون على الدائرة الاستوائية متعامدا على الاتجاه الأفقى للرياح ومتناسبا تناسبا مباشرا مع سرعتها ، ولهذا فإن اتجاه الرياح يكون موازيا لمحور الأرض ، ولكن انحرافها يتزايد كلما اتجهنا نحو القطبين بسبب تزايد تأثير القوه الكوريولية حتى أن اتجاهها يكون عند القطب عموديا على محور الأرض حيث يكون التأثير الكوريولى قد وصل إلى أقصاه ويكون انحراف الرياح قد وصل إلى أقصاه كذلك .

والواقع أن تأثير القوة الكوريولية لايقع على الرياح وحدها بل يقع على حركة أى جسم متحرك على سطح الأرض تحركا تلقائيا مثل التيارات البحرية ومياه الأنهار ، فعلى الدائرة الاستوائية يكون اتجاه حركة الجسم موازيا لمحور الأرض،أما عند القطب فيكون عموديا عليه . وفيما بين هاتين النهايتين يكون اتجاه الحركة متوسطا بين هذين الاتجاهين بدرجة تتناسب مع الدرجة العرضية حيث يكون الاتجاه هو محصلة حركتين إحداهما موازية لمحور الأرض والثانية عمودية عليه ، وتتزايد الأولى كلما اتجهنا نحو الدائرة الاستوائية بينما تتزايد الثانية نحو القطبين .

٦ ـ ٢ ـ سرعة الرياح :

تتوقف سرعة الرياح على عدة عوامل أهمها : ١ ـ انحدار الضغط الجوى Pressure gradient ، وهو سرعة تناقص الضغط الجوى نحو مركز الضغط الجوى ، ٢ ـ الاحتكاك بالسطح الذى تهب عليه الرياح Friction ، ٣ ـ قوة الطرد المركزية حول مركز المنخفض الجوى .

ويعتبر انحدار الضغط الجوى العامل الرئيسى الذى يؤدى إلى بدء تحرك الرياح ، وكلما كان هذا الانحدار شديدا كانت سرعة الرياح أكبر ، ويمكن توضيح هذا الانحدار بواسطة خطوط الضغط المتساوى ، فكلما كانت هذه الخطوط متقاربة وكان الفرق بين قيمة كل خط منها والخط الذى يليه كبيرا كان هذا دليلا على شدة انحدار الضغط ، وذلك بصورة مشابهة لما تدل عليه الخطوط الكنتورية التى ترسم لتوضيح شدة انحدار سطح الأرض . ويبلغ انحدار الضغط الجوى أشده فى الأعاصير التى تصاحبها عادة رياح مدمرة .

وعندما يؤدى انحدار الضغط الجوى إلى بدء تحرك الرياح فى اتجاه مركز الضغط المنخفض فإن القوة الكوريوليه تؤدى إلى انحرافها إلى اليمين فى نصف الكرة الشمالى وإلى اليسار فى نصفها الجنوبى ، ويأخذ انحرافها فى التزايد حتى يصبح هبوبها موازيا لخطوط الضغط المتساوى ، أى يصبح عموديا على اتجاه انحدار الضغط الجوى ، وعندما تكون خطوط الضغط المتساوى ممتدة بشكل أقواس أو دوائر فإن قوة الطرد المركزيه تعمل على إبقائها بعيدة عن مركز المنخفض . مع ملاحظة أن تأثير القوة الكوريولية ينحصر فى انحراف الرياح وأنها لاتتدخل فى سرعتها .

أما عامل الاحتكاك فإنه يؤدى عموما إلى إضعاف سرعة الرياح . ويظهر تأثيره فى الطبقة الملاصقة للسطح وتتوقف قوته على طبيعة هذا السطح ودرجة خشونته ومدى استوائه أو تعقده ، والاختلافات الحرارية المحلية التى توجد

عليه بين موضع وآخر . فكل هذه العوامل يمكن أن تؤثر على حركة الهواء فتؤدى إلى عدم انتظامها ، وهذه الحالة هى التى يطلق عليها اسم الاضطراب Turbulence ، أى اضطراب حركة الهواء ، وفيها يتعرض الهواء للسكون لفترات قصيرة تتعاقب معها هبات سريعة أو دوامات هوائية .

ويكون تأثير الاحتكاك على سرعة الرياح أضعف على المسطحات المائية وغطاءات الجليد منه على الأرض ، وخصوصا إذا كانت غير مستوية ، أو كانت مغطاة بالغابات أو المبانى .

وحيثما يكون تأثير الاحتكاك قويا فإنه لايقتصر على إضعاف سرعة الرياح ، بل يؤدى كذلك إلى إضعاف القوة الكوريولية وقوة الطرد المركزية ، ونتيجة لهذا فإن الرياح لاتسير موازية لخطوط الضغط المتساوى بل تقطعها عند تحركها حول مركز الضغط المنخفض وذلك بزوايا تتناسب مع قوة الاحتكاك .

أ - نقطة عند الضغط المرتفع
ب - مركز الضغط المنخفض
ن - تأثير قوة الانحراف الناتجة عن التأثير الكوريولى
ط - تأثير قوة الطرد المركزية
ح - تأثير قوة احتكاك الهواء بسطح الأرض
د - المحصلة النهائية لاتجاه الرياح السطحية إلى نقطة بَ

شكل (٢٥)
القوى التى تؤثر فى سرعة الرياح واتجاهها نحو مراكز الضغط المنخفض فى نصف الكرة الشمالى

النظام اليومى لسرعة الرياح :

بغض النظر عن التغيرات التى تطرأ على الرياح العامة سواء على النطاق المحلى أو النطاق العام فإننا نلاحظ أن هناك نظاما يوميا لسرعة الرياح فى الطبقة الملامسة لسطح الأرض . فهى تبلغ أقصى سرعتها عادة بعد الظهر ثم تتناقص السرعة كلما تقدم المساء ، وتستمر فى تناقصها أثناء الليل حتى تبلغ حدها الأدنى قبيل شروق الشمس ، ثم تأخذ فى التزايد بعد ذلك .

وترجع زيادة سرعة الرياح أثناء النهار عند سطح الأرض إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى حدوث تبادل هوائى بين سطح الأرض الذى يتمدد الهواء الملاصق له وتحدث فيه حركة تصعيد بسبب الحرارة وبين المستويات الجوية الأعلى التى يهبط هواؤها ليحل محل الهواء الصاعد . ونظرا لأن الهواء الهابط يكون آتيا من طبقات تتميز بسرعة رياحها فإنه يحافظ إلى حد ما على سرعة حركته مما يؤدى إلى ازدياد سرعة الهواء المجاور لسطح الأرض ، بينما يؤدى الهواء الصاعد على العكس من ذلك إلى تقليل سرعة الرياح العليا بسبب قدومه من مستوى يتميز ببطء حركة هوائه .

أما أثناء الليل فإن الهواء المجاور لسطح الأرض يبرد وتزداد كثافته ولهذا فإنه يميل للاستقرار ، ويساعده هذا الاستقرار بالإضافة إلى احتكاكه بسطح الأرض على عدم التحرك مع الرياح التى تتحرك بسرعة أكبر فى المستويات الأعلى والتى كان من الممكن أن تجره معها بسهولة فى حالة عدم استقراره وعدم احتكاكه بسطح الأرض .

ـ قياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها وتوضيحها :

تقاس سرعة الرياح بواسطة الأنيمومتر Anemometer[1] وتحسب عادة بالعقدة فى الساعة . والعقدة Knot ترادف مايسمى بالميل البحرى Nautical Mile ، وهو المسافة التى تشغلها الدقيقة الواحدة على خط الاستواء أو على أحد خطوط الطول ، وهى تساوى ١,١٥ ميل قياسى أو ١,٨٤ كيلومتر . والعقدة هى الوحدة التقليدية المستخدمة فى تحديد سرعة السفن منذ عهود الملاحة الشراعية ، ولهذا فقد استخدمت كذلك لقياس سرعة الرياح . ومع ذلك فإن سرعة الرياح تحسب فى بعض الإحصاءات المناخية بالكيلومتر أو الميل فى الساعة .

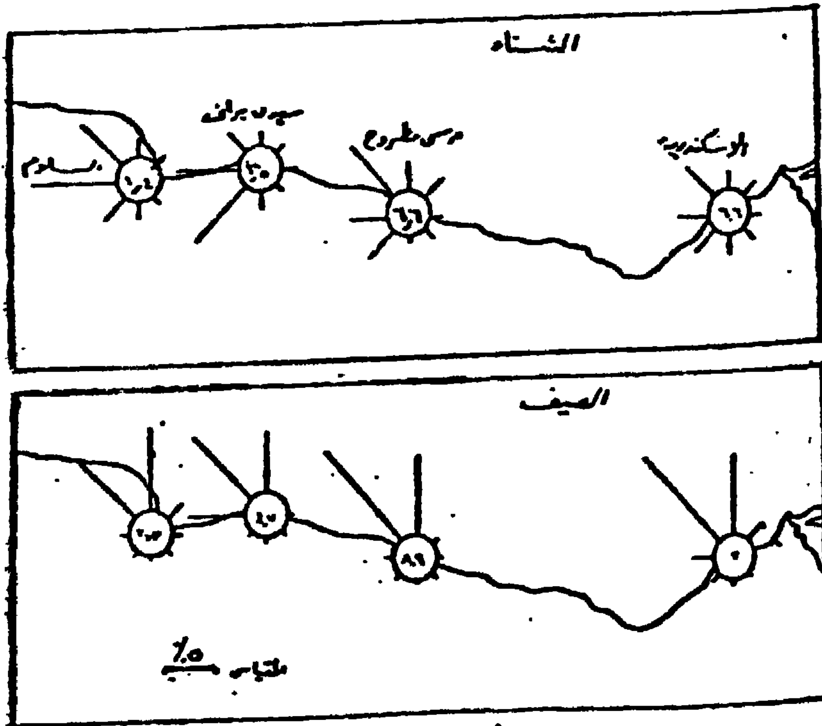
أما اتجاه الرياح فيحدد بواسطة دوارة الرياح Wind Vane، وتوجد منها عدة أنواع تشترك فى أنها تحدد اتجاه الرياح بواسطة ذراع يسهل تحريكه أفقيا بواسطة الرياح ، ويدل اتجاه مقدمته على الاتجاه الذى تهب منه الرياح .

والطريقة التقليدية لتوضيح اتجاه الرياح على الخرائط المناخية هى الأسهم التى يمكن أن ترسم بسمك وطول واحد ، أو ترسم بطول وسمك يتناسبان مع مرات هبوب الرياح ، وهى طريقة تستخدم أحياناً عند رسم الخرائط المناخية لتوضيح الاتجاهات التى تهب منها معظم الرياح ، على حسب المعدلات الشهرية أو السنوية فى مناطق واسعة . أما عند تحليل إحصاءات الرياح الخاصة بمحطة أو أكثر من محطات أى منطقة فتوضح النسب المئوية للاتجاهات التى تهب منها الرياح فى كل محطة فى الشهر أو الفصل أو السنة بواسطة رسم بيانى يطلق عليه اسم « وردة الرياح Wind Rose » . ويمكن رسمها لتوضيح النسب المئوية لاتجاهات الرياح فقط ، وتعرف فى هذه الحالة باسم « وردة الرياح البسيطة » ، كما يمكن رسمها لتوضيح النسب المئوية لاتجاهات الرياح والنسب

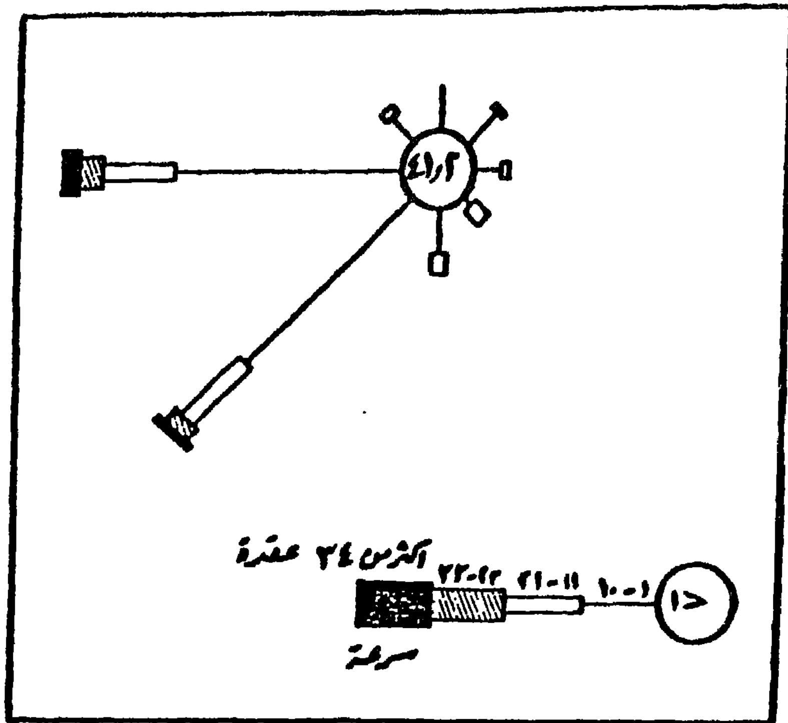
---

(١) لوصف أجهزة قياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها ـ راجع عبد العزيز طريح ـ « المقدمات » ـ (مرجع سبق ذكره) ص ٣١٦ و ٣١٧

المئوية للسرعات التى تهب بها رياح كل اتجاه بسرعات معينة . ويطلق عليها فى هذه الحالة اسم « وردة الرياح المركبة » ، وتوضح النسب المئوية للاتجاهات المختلفة لهبوب الرياح بخطوط تتفرع من دائرة صغيرة ، وترسم بمقياس رسم معين لتتناسب أطوالها مع النسب المئوية لاتجاهات هبوب الرياح . فإذا ماأريد توضيح السرعات فى نفس الشكل فإن السرعات تقسم إلى فئات ، وتحسب النسبة المئوية لكل فئة فى كل اتجاه ، وتقسم الخطوط التى تمثل السرعات إلى أقسام تتناسب أطوالها مع النسب المئوية لفئات السرعة . وفى كلى الحالتين فإن النسبة المئوية لحالات السكون توضع رقميا فى الدائرة الصغيرة المتوسطة (شكل ٢٦ ، ٢٧) .



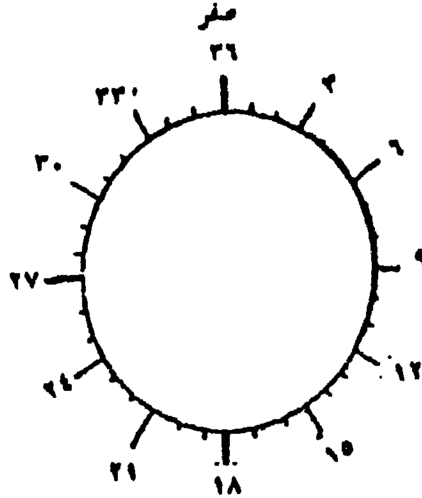
شكل (٢٦) وردات رياح بسيطة لتوضيح نسب هبوب الرياح من الاتجاهات المختلفة فى مدن الساحل الشمالى الغربى لمصر فى الشتاء والصيف



شكل (٢٧) وردة رياح مركبة

وعند تسجيل اتجاهات الرياح فى محطات الأرصاد الجوية أو عند تبادل بياناتها بين المحطات المختلفة يحدد الاتجاه بالدرجات التى ينقسم إليها محيط أى دائرة وهى ٣٦٠ درجة مبتدئة بالصفر فى الشمال ومتجهة مع اتجاه حركة عقرب الساعة ومنتهية بدرجة ٣٦٠° التى تتفق مع درجة البداية وهى درجة الصفر . وتقسم الاتجاهات فى بيانات محطات الأرصاد الجوية عادة إلى ١٢ اتجاها يفصل كل اتجاه منها عن الاتجاه الذى يليه ٣٠ درجة ، ويرمز له بحرف واحد إذا كان واحدا من الاتجاهات الأربعة الأصلية وهى ش ، ق ؛ جـ ، ع ، وبثلاثة حروف إذا كان اتجاها فرعيا مثل ش ش ق ، أى شمال الشمال الشرق ودرجته ٣٠ و جـ ش ق أى جنوب الشمال الشرق ودرجته ٦٠ وهكذا (شكل ٢٨) ، أما فى الدراسات المناخية فتنحصر الاتجاهات فى ثمانية

فقط يفصل بين كل اتجاه منها والاتجاه الذى يليه ٤٥ درجة مثل ش ودرجته صفر وش ق ودرجته ٤٥ و ق ودرجته ٩٠ .



شكل (٢٨) توضيح اتجاهات الرياح حول الدائرة بعشرات الدرجات
مع حذف صفر الآحاد فى كل رقم للتبسيط

توضيح سرعة الرياح واتجاهها على خرائط الطقس :

ذكرنا أن اتجاه الرياح ومعدلات مرات هبوبها من الاتجاهات المختلفة يمكن أن توضح برسوم تخطيطية تعرف باسم « وردات الرياح » . وهى تستخدم عادة كوسيلة لتوضيح المعدلات الشهرية أو السنوية فى محطات معينة ، أما على خرائط الطقس ، التى ترسم يوميا أكثر من مرة لتوضيح حالة الطقس فى ساعات معينة ، فيوضح اتجاه الرياح فى الساعة المعينة بواسطة خط قصير يمثل الاتجاه الذى تأتى منه الرياح وينتهى على محيط الدائرة الممثلة للمحطة . وفى حالة السكون ترسم دائرة حول دائرة المحطة . وعند تبادل البيانات الخاصة باتجاه الرياح أو تسجيلها فى الجداول فان الاتجاه يعين بالدرجات شرق الشمال الجغرافى ، على اعتبار أن الدائرة مقسمة إلى ٣٦٠ درجة ، وأن الشمال يقع على درجة صفر أو ٣٦٠ والشرق على درجة ٩٠ والجنوب ١٨٠ والغرب

٢٧٠ . ولكن المتبع فى ارسال الاشارات هو قسمة الدرجات على عشرة ، وعلى ذلك تكون درجة اتجاه الشرق هى ٩ ودرجة اتجاه الغرب هى ٢٧ وهكذا (شكل ٢٨) .

أما سرعة الرياح فتوضح على خريطة الطقس بواسطة ريشات «Feathers» ترسم على طرف خط الاتجاه بحيث تكون على جانبه الأيسر (بالنسبة للناظر إلى المحطة) . وتميل عليه بزاوية ١٢٠° . وتمثل كل ريشة كاملة سرعة قدرها ٨ ــ ١٢ عقدة فى الساعة أو زيادة فى السرعة بنفس القدر ، أما إن كانت السرعة أو الزيادة قدرها ٣ إلى ٧ عقدات فتمثل بواسطة نصف ريشة ، أما إن كانت بين ٤٨ و ٥٢ عقدة فتمثل بواسطة مثلث يوضع بنفس طريقة وضع الريشات وتكون قاعدته على الخط الممثل للاتجاه ، انظر الجدول رقم (٨) .

جدول (٨) الرموز المستخدمة لتوضيح سرعات الرياح على خرائط الطقس

رمز الرياح	السرعة ميل / ساعة	العقدة
◎	سكون	سكون
	١ - ٤	١ - ٢
	٥ - ٨	٣ - ٧ .
	٩ - ١٤	٨ - ١٢
	١٥ - ٢٠	١٣ - ١٧
	٢١ - ٢٥	١٨ - ٢٢
	٢٦ - ٣١	٢٣ - ٢٧
	٣٢ - ٣٧	٢٨ - ٣٢
	٣٨ - ٤٣	٣٣ - ٣٧
	٤٤ - ٤٩	٣٨ - ٤٢
	٥٠ - ٥٤	٤٣ - ٤٧
	٥٥ - ٦٠	٤٨ - ٥٢
	٦١ - ٦٦	٥٣ - ٥٧
	٦٧ - ٧١	٥٨ - ٦٢
	٧٢ - ٧٧	٦٢ - ٦٧
	٧٨ - ٨٣	٦٨ - ٧٢
	٨٤ - ٨٩	٧٢ - ٧٧
	١١٩ - ١٢٣	١٠٣ - ١٠٧

٦ ــ ٣ ــ أنواع الرياح السطحية :

لما كان الضغط الجوى هو العامل الأساسى المسئول عن هبوب الرياح ، وأنه يتوزع بنظام عام على سطح الكرةالأرضية، وأنه يتعرض رغم ذلك لتغيرات كثيرة من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر فإن الرياح التى تنتج عنه لابد أن تتباين هى الأخرى فى اتجاهاتها وسرعاتها ومدى انتشارها ومدة هبوبها وخصائصها على حسب التوزيع العام لمناطق الضغط الجوى الرئيسية من جهة وعلى حسب مايطرأ عليها من تغيرات مكانية أو زمانيةأو نوعية من جهة أخرى ، ولهذا فإنها تقسم على أساس هذه التغيرات إلى الأقسام الرئيسية التالية :

أولا :الرياحالعامة ، وهى رياح منتظمة تهب عادة فى نطاقات متسعة وتنقسم إلى :

أ ــ رياح دائمة تهب بانتظام تقريبا طول السنة وتشمل الرياح التجارية ، والرياح الغربية (العكسية) والرياح القطبية ، وذلك فى المناطق التى لايتعرض فيها أى منها لتغيرات رئيسية فى اتجاهاتها الأصلية التى يفرضها التوزيع العام لنطاقات الضغط الجوى العامة على سطح الكرة الأرضية .

ب ــ رياح موسمية تهب بانتظام فى فصول معينة ، وقد يتغير اتجاهها وصفاتها تغيرا كليا أو جزئيا من فصل إلى آخر ، وسببها هو حدوث تغيرات فصلية أساسية فى الضغط الجوى على اليابس والماء .

ثانيا : الرياح المحلية التى تسببها المنخفضات الجوية (أو أعاصير الأقاليم المعتدله) ، ويرتبط هبوبها بالجبهات الحارة والباردة لهذه المنخفضات ، وتتميز بصفات خاصة ، ولايستمر هبوبها إلا لفترات قصيرة لاتزيد غالبا على يومين أو ثلاثة .

ثالثا ــ العواصف والأعاصير الدوارة Revolving Storms وهى توجد

بصفة خاصة فى العروض المدارية ، وتتميز بأن الرياح تدور فيها بسرعة عالية جدا حول مراكز محددة .

رابعا ـــ الرياح المحلية اليومية ، وهى رياح خفيفة يتغير اتجاهها بين الليل والنهار وأهمها : نسيم البر ونسيم البحر ، ونسيم الجبل ونسيم الوادى .

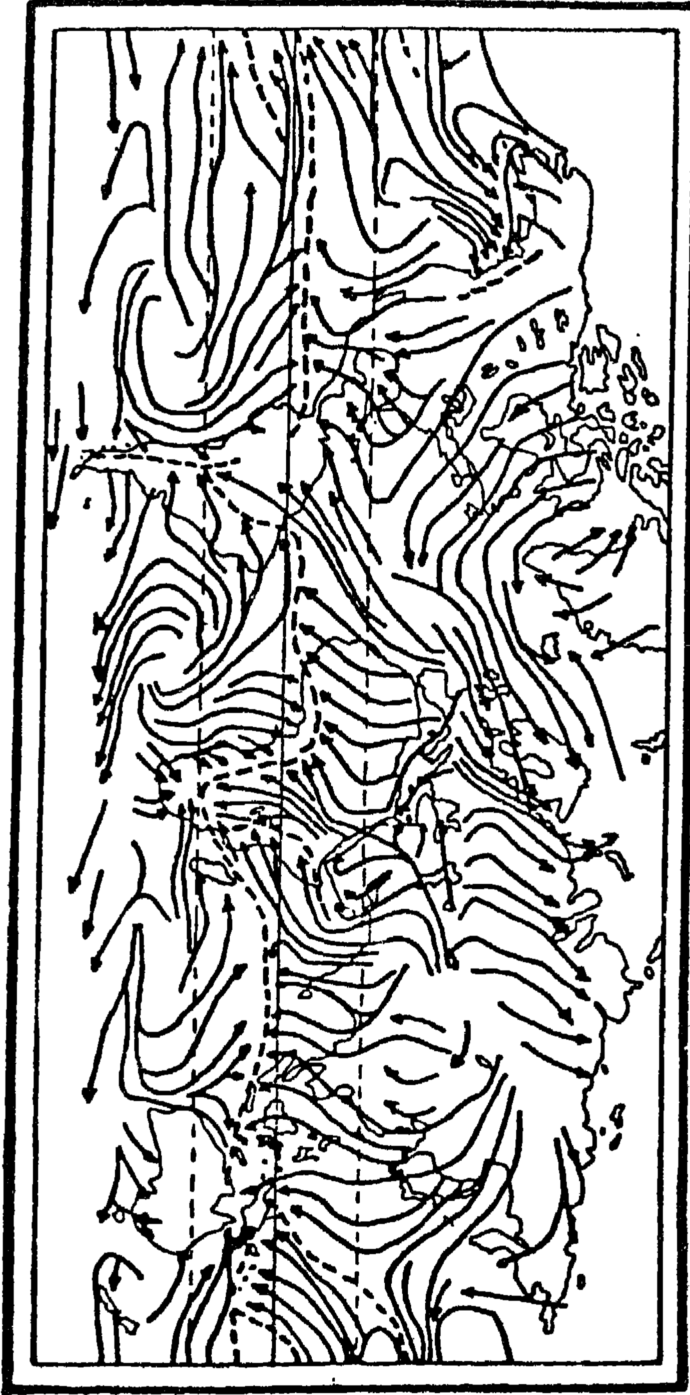
٦ ـــ ٣ ـــ ١ ـــ الرياح العامة :

أ ـــ الرياح التجارية :

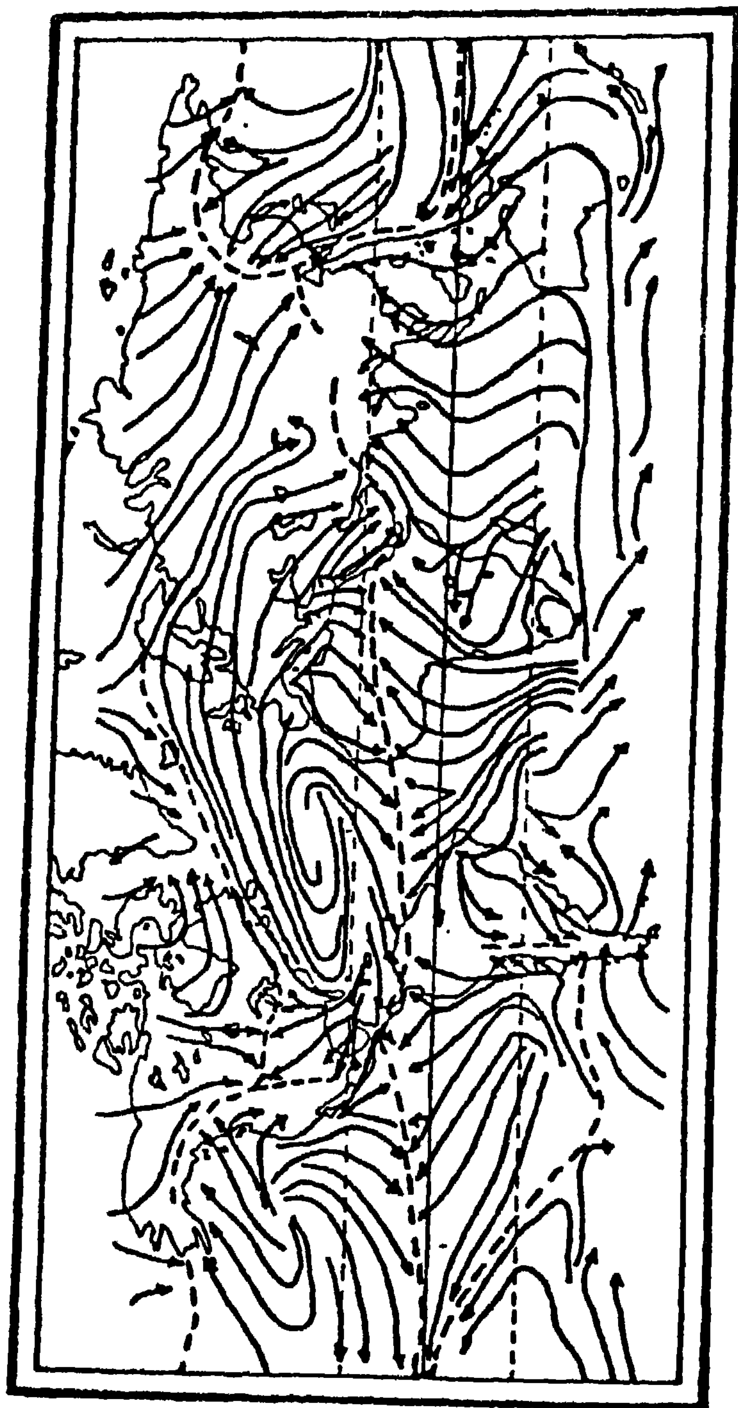
المقصود بهذه الرياح هو الرياح التى تهب من مناطق الضغط المرتفع وراء المدارين نحو الضغط المنخفض الاستوائى ، ويكون اتجاهها غالبا شماليا شرقيا فى نصف الكرة الشمالى وجنوبيا شرقيا فى نصفها الجنوبى ، إلا أن درجة انحرافها تتناقص كلما اقتربت من خط الاستواء .

ونظرا لأن نطاقات الضغط العامة تتزحزح شمالا فى فصل الصيف (الشمالى) وجنوبا فى فصل الشتاء فإن التجاريات الجنوبية الشرقية تعبر خط الاستواء فى فصل الصيف نحو مراكز الضغط المنخفض الاستوائى التى تقع إلى الشمال منه وتتحول بعد عبورها له لتصبح رياحا جنوبية غربية ، ويحدث العكس فى فصل الشتاء حيث تعبره التجاريات الشمالية الشرقية نحو الجنوب وتصبح رياحا شمالية غربية ، إلا على القارة الإفريقية التى تبقى مراكز الضغط المنخفض الاستوائى عليها واقعة إلى الشمال منه بسبب اتساع القسم الشمالى منها وارتفاع درجة حرارته حتى فى فصل الشتاء ، ولهذا فإن الرياح التجارية الجنوبية الشرقيه تستمر فى عبورها لخط الاستواء فى هذا الفصل ، ولكن نطاق تقدمها نحو الشمال يكون أقل منه فى فصل الصيف . (شكل ٢٩ و ٣٠) .

والرياح التجارية هى أكثر الرياح العامة انتظاما ودواما وخصوصا فى نصف الكرة الجنوبى وعلى أواسط المحيط الهادى الشمالى ونطاق الصحارى المدارية فى شمال إفريقيا وغرب آسيا وغرب المحيط الأطلسى وسهول الأمزون ، وهى تتميز بسرعتها المعتدلة ولكنها تفقد معظم هذه السرعة فى نطاق الضغط



شكل (٢٩) الرياح العامة في العالم في فصل الصيف



شكل (٣٠) الرياح العامة فى العالم فى فصل الشتاء

المنخفض الاستوائى حيث تنشط التيارات الصاعدة وتسود حالات السكون فى الهواء .

وتساعد هذه الرياح عموماً على تلطيف درجة حرارة الصيف فى الأقاليم التى تهب عليها ، وهى أهم أسباب كثرة الأمطار على السواحل الشرقية لاستراليا وجنوب إفريقيا وأمريكا الجنوبية وعلى كل الجزر المدارية بسبب هبوبها من محيطات دافئة . أما على الأجزاء الداخلية والسواحل الغربية فإنها تكون جافة بسبب فقدانها لمعظم رطوبتها على السواحل الشرقية ومرورها على اليابس ، وهذا هو السبب الرئيسى لوجود الصحارى المدارية فى غرب القارات وأهمها الصحراء الكبرى وصحراء كلهارى وصحراء ناميبيا فى غرب جنوب إفريقيا والصحراء الاسترالية والصحارى الحارة فى غرب الأمريكتين .

ب ـــ الرياح الغربية (أو العكسية) The Westerlies :

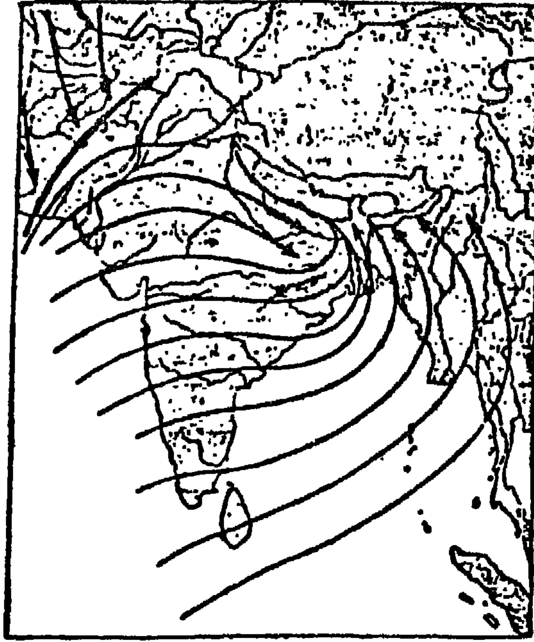
وهى الرياح السائدة فى العروض المعتدلة ، وهى تهب من نطاق الضغط المرتفع وراء المدارين نحو نطاق الضغط المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين ويكون اتجاهها السائد معاكسا لاتجاه الرياح التجارية ، ولهذا فإنها تكون غالبا جنوبية غربية فى نصف الكرة الشمالى وشمالية غربية فى نصفها الجنوبى .

وكما هى الحال بالنسبة للرياح التجارية فإن نطاق الرياح الغربية يتزحزح نحو الشمال فى فصل الصيف (الشمالى) ونحو الجنوب فى فصل الشتاء تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، والرياح الغربية عموما أقل انتظاما من الرياح التجارية بسبب كثرة مايظهر فى نطاقها من منخفضات جوية تترتب عليها اضطرابات جوية يتغير بسببها اتجاه الرياح وسرعتها وصفاتها بصورة فجائية تقريبا خلال فترات قصيرة ، وتكثر هذه الاضطرابات بصفة خاصة فى نصف الكرة الشمالى بسبب اختلاط الماء باليابس واختلاف الضغط الجوى عليهما ، أما فى النصف الجنوبى فتسود المحيطات ويقل اليابس ، ولهذا فإن هذه الرياح تكون أكثر انتظاما منها فى الشمال، خصوصا فى العروض الواقعة بين خطى عرض

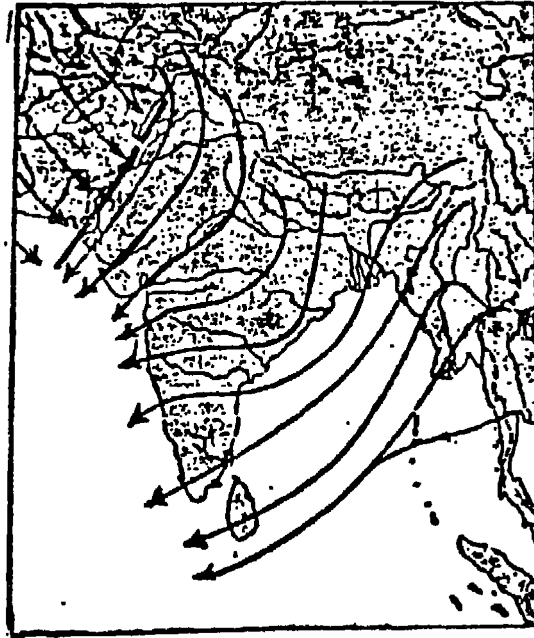
٤٠° و ٥٠° جنوبا ، وقد اشتهرت هذه العروض بين البحارة لهذا السبب باسم الأربعينيات المزمجرة (أو الهوجاء) Roaring Forties

جـ ــ الرياح الموسمية The Monsoons :

المقصود بالرياح الموسمية هو الرياح التى يتغير اتجاهها بين الصيف والشتاء بسبب اختلاف الضغط الجوى على الماء واليابس ، كما تتغير تبعا لذلك صفاتها الأخرى من حيث درجة الحرارة والرطوبة ومايتتج عنها من أمطار . والرياح الموسمية المثالية هى التى يتغير اتجاهها تغيرا يكاد يكون تاما بين الصيف والشتاء بحيث ينحرف اتجاهها بمقدار ١٨٠° فى الشتاء عنه فى الصيف . وينطبق هذا على معظم الرياح الموسمية التى تهب على الهند وجنوب شرق آسيا وشرقيها وعلى الجزر القريبة منها ، وأهمها الجزر اليابانية والفلبين وتايوان والجزر الإندونيسية . ويرجع هذا إلى عظم اتساع هذه القارة وشدة حرارتها فى الصيف مما يؤدى إلى تكوين منطقة إعصارية (منطقة ضغط منخفض) عظيمة الاتساع والعمق على أواسطها ، وشدة برودتها فى الشتاء مما يؤدى إلى تكوين منطقة ضد إعصارية (منطقة ضغط مرتفع) عظيمة الارتفاع على نفس المناطق . ونتيجة لهذا فإن الرياح الموسمية الصيفية تهب نحوها من المحيطين الهندى والهادى فتسقط كثيرا من الأمطار على كل المنحدرات التى تواجهها ، أما فى فصل الشتاء فتخرج منها الرياح الموسمية الشتوية نحو المحيطين الهندى والهادى ، وهى رياح جافة شديدة البرودة ، ولهذا فإنها لاتؤدى إلى سقوط الأمطار إلا على السواحل والجزر التى تصلها بعد مرورها على مسطحات مائية (شكل ٣١ و شكل ٣٢)



شكل (٣١) اتجاه الرياح على الهند فى الصيف



شكل (٣٢) اتجاه الرياح على الهند فى الشتاء

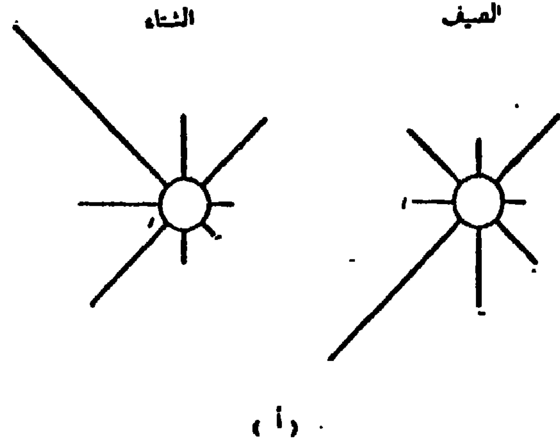
وتوجد الرياح الموسمية كذلك على شرق إفريقيا المدارية وخصوصا على الحبشة والصومال والسودان الشرقى وعلى ساحل غانة بغرب القارة وعلى شمال استراليا . كما توجد ولكن بشكل غير كامل على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية إذ أن الفرق بين اتجاه الرياح السائدة عليه فى الصيف والرياح السائدة فى الشتاء يكون فى حدود ٩٠° فقط ، ويرجع ذلك بصفة أساسية إلى صغر هذه القارة بالنسبة لقارة آسيا مما يقلل نسبيا من الفرق بين الضغط الجوى المرتفع عليها فى الشتاء والضغط الجوى المنخفض عليها فى الصيف ، كما يرجع إلى عدم وجود حواجز جبلية تفصل جنوبها عن شمالها مما يساعد على التقاء الهواء المدارى البحرى القادم من ناحية خليج المكسيك بالهواء القطبى القارى القادم من الداخل ، مما يساعد على كثرة حدوث الأعاصير العنيفة التى تؤدى بدورها إلى كثرة تغير اتجاه الرياح .

وتبين وردات الرياح التى فى شكل (٣٣) كيف تغير الرياح الموسمية السائدة اتجاهها فى حدود ١٨٠° على شرق آسيا بين الصيف والشتاء وكيف يكون تغير اتجاهها فى حدود ٩٠° فقط على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية(١) .

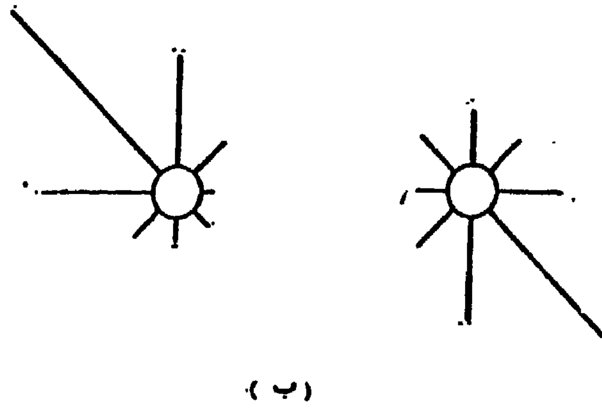
٦ ــ ٤' ــ الرياح العليا :

تتميز الرياح فى المستويات العليا من التروبوسفير بصفة عامة بأنها أسرع وأكثر انتظاما فى حركتها واتجاهها من الرياح السفلية التى تتعرض لكثير من الاضطراب بسبب احتكاكها بسطح الأرض وخصوصا إذا كان هذا السطح خشنا وكثير التعقيد . ولهذا فإن الرياح العليا تخضع بصفة أساسية لانحدار الضغط الجوى ولتأثير القوة الكوريولية . ونتيجة لهذا فإن اتجاهها يكون عموديا على اتجاه انحدار الضغط الجوى وموازيا لخطوط الضغط المتساوى ، وبدلا من أن تهب الرياح من الجنوب إلى الشمال أو العكس فإنها تكون غربية

(١) Haurwitz and Austin OP Cit P 54



(أ)



(ب)

شكل (٣٣) وردات الرياح على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية (أ) وعلى شرق آسيا (ب) وتلاحظ درجة تغير اتجاه الرياح الموسمية على كل منهما بين الصيف والشتاء

فى العروض الواقعة بين المدارين والدائرتين القطبيتين، وشرقية فى العروض الواقعة بين المدارين وخط الاستواء . ويطلق على هذه الرياح عموما اسم الرياح الجيوستروفيه . وتكون سرعتها مرتبطة ارتباطا مباشرا بانحدار الضغط الجوى . .

ـــ التيارات الهوائية النفاثة Jet Streams :

- يطلق هذا التعبير على تيارات هوائية علوية عظيمة السرعة تندفع فى مسارات معروفة على ارتفاعات تتراوح بين ٨ كيلومترات و ١٣ كيلومترا فى نطاق الرياح الغربية ، وتتراوح سرعتها بين ٥٠٠ و ٦٠٠ كيلومتر فى الساعة ، ويبلغ سمك هوائها بضع مئات من الأمتار وعرضها بين ٤٥٠ و ٦٠٠ كيلومتر .

وقد اكتشفت هذه التيارات لأول مرة فى سنة ١٩٣٣ وظهرت أهميتها أثناء الحرب العالمية الثانية حيث أنها كانت تؤثر على حركة الطيران ، فكانت تعوق حركة الطائرات التى كانت تواجهها فتوقفها بل وتؤدى إلى تراجعها أحيانا ، بينما كانت تضاعف من سرعة الطائرات التى تسير فى نفس اتجاهها .

وتوجد فى الوقت الحاضر خرائط مفصلة للتيارات النفاثة المعروفة فى نصف الكرة الشمالى . ويدل توزيعها على أنها تندفع غالبا على طول الجبهات التى تفصل الكتل الهوائية القطبية عن الكتل الهوائية المدارية ، وأن لها علاقة بحدوث العواصف والأعاصير التى تظهر فى العروض المعتدلة . وهى لاتسير غالبا فى خطوط مستقيمة بل تتعرج كثيرا وتندفع فى تعرجها أحيانا لمسافات بعيدة حتى أنها تندفع أحيانا نحو خط الاستواء ، وخصوصا فوق القارات . وقد لوحظ أنها تكون فى فصل الشتاء أسرع وأقل ارتفاعا منها فى فصل الصيف ، وأن بعض هوائها قد يندفع إلى أسفل نحو الأرض فيؤدى إلى حدوث اضطرابات جوية عنيفة عند سطح الأرض .

٧

الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية والأعاصير المدارية

٧ ـ ١

الكتل الهوائية

٧ ـ ١ ـ ١ ـ نشأتها وأنواعها .
٧ ـ ١ ـ ٢ ـ استقرارها وعدم استقرارها .
٧ ـ ١ ـ ٣ ـ أثر الكتل الهوائية فى مناخ بعض الأقاليم .

٧ ـ ٢

المنخفضات الجوية

٧ ـ ٢ ـ ١ ـ نشأتها .
٧ ـ ٢ ـ ٢ ـ توزيعها واختلاف بعضها عن بعض .
٧ ـ ٢ ـ ٣ ـ ظاهرات الطقس التى تصاحبها .

٧ ـ ٣

الأعاصير والعواصف الدوارة

٧ ـ ٣ ـ ١ ـ الفرق بينها وبين المنخفضات الجوية
٧ ـ ٣ ـ ٢ ـ نشأتها .
٧ ـ ٣ ـ ٣ ـ خطوط سيرها وتوزيعها .
٧ ـ ٣ ـ ٤ ـ الترنادو .

٧

الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية والأعاصير المدارية

٧ ــ ١

الكتل الهوائية

٧ ــ ١ ــ ١ ــ نشأتها وأنواعها :

يطلق تعبير « كتلة هوائية » على أى حجم ضخم من الهواء يتميز بصفات خاصة تشترك فيها كل قطاعاته ، وخصوصا قطاعاته الأفقية . وتغطى الكتلة الهوائية عادة منطقة شاسعة كما يمتد سمكها إلى ارتفاعات كبيرة .

ولكى تنشأ الكتلة الهوائية لابد أن تتوفر عدة شروط ، أهمها أن يبقى الهواء فوق سطح منطقة متجانسة ذات صفات مناخية متميزة مدة تكفى لأن يكتسب هذا الهواء نفس هذه الصفات . ولهذا فإن أصلح المناطق لنشأة الكتل الهوائية هى السهول الواسعة والمحيطات الواقعة فى نطاقات الضغط المرتفع التى يكون هواؤها عادة مستقرا . ويطلق على هذه المناطق عموما اسم مصادر الهواء "Source Regions" لأنها هى التى يتوزع منها هواء الكتل الهوائية إلى المناطق الأخرى .

وتتباين الكتل الهوائية فيما بينها تباينا كبيرا فى صفاتها المناخية ، وخصوصا فى درجة حرارة هوائها ورطوبته على حسب طبيعة المناطق التى تنشأ فيها . وعلى هذا الأساس فإن هذه الكتل تقسم عموما إلى أربعة أقسام رئيسية هى :

١ ــ كتل هوائية قطبية قارية Polar continental (Pc) ، تنشأ على شمال أوراسيا وشمال أمريكا الشمالية ، وتتميز بشدة البرودة والجفاف .

٢ ــ كتل هوائية قطبية بحرية Polar maritime (Pm) تنشأ على شمال المحيطين

الأطلسي والهادى . وعلى جنوب المحيطات فى نصف الكرة الجنوبى ، وتتميز بشدة البرودة وارتفاع نسبة الرطوبة .

٣ ــ كتل هوائية مدارية قارية Tropical continental (Tc) وهى تنشأ على السهول والهضاب فى العروض المدارية ، وتتميز بشدة الحرارة والجفاف ، وأهم مناطقها هى الصحراء الكبرى وغيرها من الصحارى والهضاب الواقعة فى العروض المدارية وشبه المدارية .

٤ ــ كتل هوائية مدارية بحرية Tropical maritime (Tm)،وهى تنشأ على المحيطات فى العروض المدارية ، وتتميز بدفء هوائها وارتفاع نسبة الرطوبة به .

وبالإضافة إلى الكتل الرئيسية السابقة فإن هناك نوعين متميزين من الهواء ، أحدهما يوجد على المحيطات الاستوائية ، وتتأثر به بعض السواحل المجاورة ويطلق عليه اسم الهواء البحرى الاستوائى maritime Equatorial (mE) والثانى يوجد على مناطق الثلج الدائم فى أقصى الشمال وفى القارة القطبية الجنوبية فى الجنوب ويرمز له بالرمز Arctic (A) فى الشمال و Antarctic (AA) فى الجنوب .

٧ ــ ١ ــ ٢ ــ استقرار الكتل الهوائية وعدم استقرارها :

المقصود باستقرار الكتلة الهوائية هو خلوها من أى اضطرابات جوية ، وتوصف فى هذه الحالة بأنها مستقره Stable ، أما إذا كانت مصحوبة ببعض الاضطرابات فإنها توصف بعدم الاستقرار Unstable. ويحدث الاستقرار عادة إذا انتقل هواء دافىء إلى منطقة سطحها بارد فعندئذ يبرد هذا الهواء من طبقاته السفلى ويميل للهبوط والاستقرار . أما عدم الاستقرار فيحدث إذا انتقل هواء بارد إلى منطقة سطحها دافىء حيث أنه يسخن فى طبقاته السفلى وتحدث به تيارات صاعدة يترتب عليها حدوث بعض الاضطرابات الجوية مثل العواصف الترابية والعواصف الرعدية .

والعامل الرئيسى الذى يؤدى إلى تحرك الهواء وانتقاله من مصادره إلى مناطق

أخرى هو التغيرات التى تطرأ على الضغط الجوى من وقت إلى آخر سواء على نطاق إقليمى واسع أو على نطاق محلى ، حيث ينتقل الهواء دائما من مناطق الضغط الجوى المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض وتتوقف سرعته ومدى انتشاره على توزيع مناطق الضغط المختلفة وعلى شدة تدرج الضغط الجوى فى هذه المناطق . وكثيرا ماتؤدى تغيرات الضغط إلى انتقال الهواء من مصادره إلى مناطق تبعد عنها عدة آلاف من الكيلومترات حيث يحمل إليها كل صفاته المناخية تقريبا ، ولكن نظرا لطول الرحلة فإن هذه الصفات تتعدل ببطء فى الطبقات السفلى من الهواء ، وخصوصا إذا مر أثناء انتقاله على مناطق ذات صفات مختلفة اختلافا واضحا عن صفات مناطق نشأته . ويحدث هذا على سبيل المثال إذا مر الهواء القارى الخارج من اليابس على سطح مائى ، حيث أنه يحمل بعض الرطوبة التى قد تؤدى إلى تكون الضباب ، أو إلى سقوط المطر على المنحدرات التى تقابله .

ويتوقف تأثير الهواء على الأحوال الجوية على صفاته الأصلية من ناحية ثم على الفرق بين هذه الصفات وصفات المناطق التى يصل إليها من ناحية ثانية ، فإذا كانت درجة حرارته أقل من درجة حرارة هذه المناطق فإنه يسخن فى أجزائه السفلى وتحدث به تيارات صاعدة تؤدى إلى حدوث حالة عدم استقرار به ويرمز له بالحرف K ، أما إذا حدث العكس وكانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة المنطقة التى يصل إليها فإنه يبرد فى أجزائه السفلى ويميل إلى الاستقـــرار ، ويرمـــز له بالحرف w . والحرف K هو الحرف الأول من كلمة Kalt الألمانية ومعناها بارد ، والحرف w هو الحرف الأول من كلمة warm ومعناها دافىء . ويوضع أى رمز من هذين الرمزين بجانب الرمزين الأصليين اللذين يبينان النوع الرئيسى للهواء من أجل تحديد صفاته بصورة أوضح ، فالهواء المدارى القارى المستقر مثلا يكون رمزه Tcw أما الهواء المدارى القارى غير المستقر فيكون رمزه Tck وهكذا .

٧ ــ ١ ــ ٣ ــ أثر الكتل الهوائية فى مناخ بعض الأقاليم :

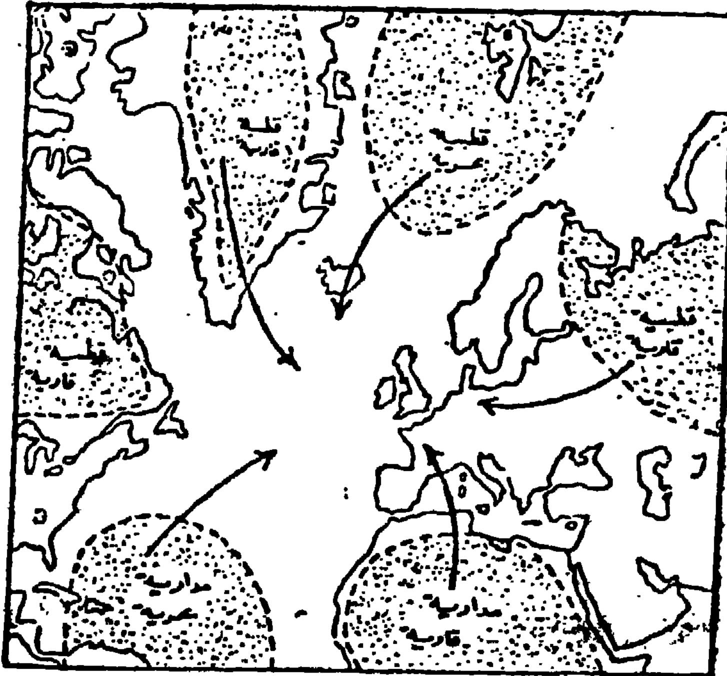
تعتبر الكتل الهوائية عاملا رئيسيا من العوامل التى تتحكم فى مناخ أى منطقة وفى أحوالها الجوية ، ولهذا فقد أصبح من المهم ، عند دراسة مناخ أى منطقة معرفة نوع الهواء الذى يؤثر فى مناخها والمصادر التى يأتى منها وصفاته المناخية وخصوصا من حيث درجة الحرارة والرطوبة .

ويتوقف تأثير الكتل الهوائية على مناخ الأقاليم المختلفة على عدة عوامل أهمها: موقع الإقليم بالنسبة للمناطق التى تنشأ فيها الكتل الهوائية المختلفة ، ثم تغير نظام الضغط الجوى من فصل إلى آخر ، فهناك مثلا أقاليم تخضع طول السنة تقريبا لتأثير نوع واحد من الكتل الهوائية ولايكاد يصلها فى أى فصل من الفصول أى نوع آخر من الهواء ، وينطبق هذا بصفة خاصة على الأقاليم التى تنشأ فيها الكتل الهوائية نفسها ، كما هى الحال فى الأقاليم القطبية التى تنشأ فيها الكتل المسماة بهذا الاسم ، ثم الأقاليم الواقعة فى نطاق الضغط المرتفع الدائم وراء المدارين ، حيث تنشأ الكتل الهوائية المدارية ، وكذلك المناطق المحصورة بين المدارين ، وهى المناطق التى تخضع طول السنة تقريبا لتأثير الكتل الهوائية المدارية .

ولكن هناك أقاليما أخرى تتأثر خلال فصل معين من فصول السنة بنوع واحد من الكتل الهوائية ، ثم تتأثر فى فصل آخر بنوع مختلف تماما عن النوع الأول ، وفى مثل هذه الأقاليم تتغير الأحوال الجوية المناخية تغيرا كبيرا من فصل إلى آخر ، ولكنها مع ذلك تسير على نظام ثابت تقريبا خلال كل فصل على حدة ففى شمال الصين مثلا يتميز فصل الشتاء بوصول هواء قطبى جاف شديد البرودة (cP) مصدره الكتلة الهوائية القطبية القارية التى تنشأ فوق سيبيريا . أما فصل الصيف فيتميز بوصول هواء مدارى بحرى (mT) حار رطب مصدره الكتلة الهوائية المدارية البحرية التى تنشأ فوق المحيط الهادى .

وهناك غير ذلك أقاليم واقعة فى مناطق الصراع بين كتل هوائية مختلفة ،

ومثل هذه الأقاليم تتعرض فى الفصل الواحد أو حتى فى الشهر الواحد ، لغزو أنواع متباينة من الهواء بحيث لايستمر كل نوع منها إلا لمدة قصيرة ، ثم يتقهقر ليحل محله هواء من نوع آخر ، ويترتب على ذلك أن يكون مناخ هذه الأقاليم عرضة للتغير من وقت إلى آخر ، وذلك فضلا عن تعرضه لحدوث كثير من الأعاصير أو المنخفضات الجوية التى تتكون عادة فى مناطق التقاء الكتل الهوائية المختلفة النشأة والصفات كما سنرى فيما بعد ، ويعتبر غرب أوروبا ، وخصوصا البلاد الساحلية والجزر البريطانية ، من أحسن الأمثلة لهذا النوع من الأقاليم ، ويبدو هذا واضحا بمجرد النظر إلى الخريطة شكل (٣٤) ففى فصل الشتاء مثلا قد يتعرض غرب أوروبا فى أى وقت من الأوقات لوصول هواء مدارى دافىء



شكل (٣٤) الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ غرب أوروبا

سواء من الكتلة القارية فوق شمال افريقية (cP) أو من الكتلة البحرية المقابلة لها على المحيط الأطلسى (mP) ، ويؤدى وصول هذا الهواء أو ذاك إلى ظهور حالة دفء غير عادية . وفى نفس هذا الفصل قد يتعرض غرب أوروبا كذلك لغزو هواء قطبى جاف (cT) شديد البرودة من شمال أوراسيا ، فيترتب على ذلك حدوث موجات برد قاسية وظهور صقيع شديد يستمر عدة أيام أو أسابيع ، أو لغزو هواء قطبى بحرى (mP) رطب شديد البرودة أيضا من الكتل الهوائية التى تنشأ فوق المحيط الأطلسى إلى الشمال من الدائرة القطبية أو فوق جرينلاند . ويلاحظ أن الهواء الواصل من جرينلاند ، رغم أنه يكون قاريا فى أول الأمر ، إلا أن مروره على المحيط قبل وصوله إلى سواحل أوروبا يؤدى إلى تحمله ببعض الرطوبة ، ويصبح أقرب إلى الهواء البحرى منه إلى الهواء القارى .

أما فى فصل الصيف فان المناطق الداخلية من كتلة أوراسيا تكون شديدة الحرارة جدا ، ولهذا فان الكتل الهوائية التى تنشأ فوقها تكون هى الأخرى شديدة الحرارة ، وذلك فضلا عن أنها تكون شديدة الجفاف ، وكثيرا مايؤدى وصول هوائها إلى السواحل الغربية لأوروبا إلى حدوث موجات حرارية قاسية جدا . وإلى جانب ذلك يتعرض غرب أوروبا فى نفس هذا الفصل لوصول هواء قطبى بحرى أو قارى يكون غالبا له تأثير ملطف على درجة الحرارة .

وإذا انتقلنا إلى الولايات المتحدة نجد أن ظروفها لاتختلف كثيرا عن ظروف القارة الأوروبية ، وذلك من حيث كونها تتعرض لغزو أنواع متباينة من الهواء ، مما يكون سببا فى حدوث تغيرات كثيرة فى الأحوال الجوية حتى خلال الفصل الواحد ، ففى فصل الشتاء تتعرض البلاد لحدوث موجات برد غاية فى القسوة يكون سببها وصول هواء قطبى جاف (cP) من الكتل التى تتكون فى شمال كندا، وقد تنخفض درجة الحرارة أثناء حدوث هذه الموجات إلى أقل من ٦° مئوية . ورغم أن درجة حرارة هذا الهواء القطبى ترتفع تدريجيا كلما ابتعدنا نحو الجنوب فإنه يظل شديد البرودة حتى بعد وصوله إلى سواحل خليج

المكسيك ، وقد يحدث ان تنخفض درجة الحرارة على هذه السواحل إلى مادون درجة التجمد ، إلا أن حرارة هذا الهواء سرعان ماترتفع بمجرد خروجه من اليابس ومروره على مياه المحيط . ويطلق اسم البليزارد Blizzard على العواصف النطبية ذات البرودة القاسية التى تتعرض لها كندا والولايات المتحدة ، وكثيرا ماتؤدى هذه العواصف إلى حدوث خسائر مادية كبيرة ، كما تؤدى إلى حدوث كثير من الوفيات .

أما فى فصل الصيف فتتعرض الولايات المتحدة لموجات حرارية شديدة جدا يكون سببها هو وصول هواء مدارى بحرى (mT) من الكتل المدارية البحرية التى تتكون على المحيطين الأطلسى والهادى فى نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان ، وبعض هذه الموجات الحرارية تكون من الشدة بحيث يترتب عليها حدوث بعض الوفيات بين السكان .

أما مناخ جمهورية مصر العربية خصوصا الجزء الشمالى منها فيخضع لتأثير أربعة أنواع مختلفة من الكتل الهوائية التى تصل منها تيارات هوائية ذات صفات خاصة . ويوضح شكل (٣٥) هذه التيارات وهى :

أ ــ تيارات قطبية قارية شديدة البرودة جدا مصدرها الكتلة الهوائية القارية فى شمال روسيا ، وهى تصل إلى مصر عن طريق شبه جزيرة البلقان ، وذلك فى مؤخرة المنخفضات الجوية الشتوية ، ورغم أنها تكون جافة فى الأصل فإنها تمتص بعض بخار الماء عند مرورها على البحر المتوسط ، كما أن هواءها يسخن تدريجيا فى طبقاته السفلى لمروره على سطح مياه البحر وسطح مصر الدافئين نسبيا ، مما يؤدى إلى عدم استقرارها ، ويتبع ذلك تكون سحب كثيفة وسقوط بعض الأمطار ، وقد تواصل هذه التيارات سيرها نحو الجنوب وتصل أحيانا إلى السودان حيث تؤدى إلى اثارة زوابع ترابية .

ب ــ تيارات قطبية بحرية شديدة البرودة تصل إلى مصر فى فصلى الخريف والشتاء عن طريق فرنسا ووسط أوروبا وإيطاليا ، ويؤدى مرورها على مياه

البحر المتوسط الدافئة نسبيا إلى عدم استقرارها فتكون سببا فى إثارة العواصف والأمطار فى شمال مصر وقد تصل فى هبوبها كذلك إلى السودان ، ومصدر هذه التيارات هو الكتل الهوائية القطبية التى تنشأ فوق شمال المحيط الأطلسى .



شكل (٣٥) الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ مصر

جـ ــ تيارات مدارية قارية حارة شديدة الجفاف مصدرها الكتل الهوائية المدارية التى تتكون على الصحراء الكبرى وصحارى شبه الجزيرة العربية ، وتصل هذه التيارات إلى شمال مصر فى فصل الربيع بصفة خاصة ، وذلك فى مقدمة المنخفضات الجوية ، وهى التى يطلق عليها عادة اسم « الخماسين » .

د ــ تيارات مدارية بحرية مصدرها الكتل المدارية البحرية فوق المحيط الأطلسى ، وتصل هذه التيارات إلى مصر فى فصل الربيع عقب مرور المنخفضات الجوية الخماسينية على شكل رياح غربية باردة نسبيا ، لأن المحيط الأطلسى يكون فى هذا الفصل أقل حرارة من البحر المتوسط ، ولكنها لاتسبب فى غالب الأحيان سقوط أمطار ، وإن كانت تظهر معها بعض السحب المنخفضة والزوابع الترابية .

٧ ـ ٢

المنخفضات الجوية

ATMOSPHERIC DEPRESSIONS

٧ ـ ٢ ـ ١ ـ نشأتها :

ذكرنا أن الكتل الهوائية بأنواعها المختلفة لاتبقى فى مناطق نشأتها ألا لمدة محدودة ، ثم تنتقل بعد ذلك وتهاجر أحيانا لمسافات بعيدة ، ولهذا فكثيرا مايحدث أن تلتقى هذه الكتل بعضها ببعض ، ويحدث هذا الالتقاء غالبا على المحيطات . وذلك على طول جبهات تتفق إلى حد كبير مع نطاقات الضغط المنخفض التى تتحرك نحوها الكتل الهوائية من اتجاهات مختلفة .

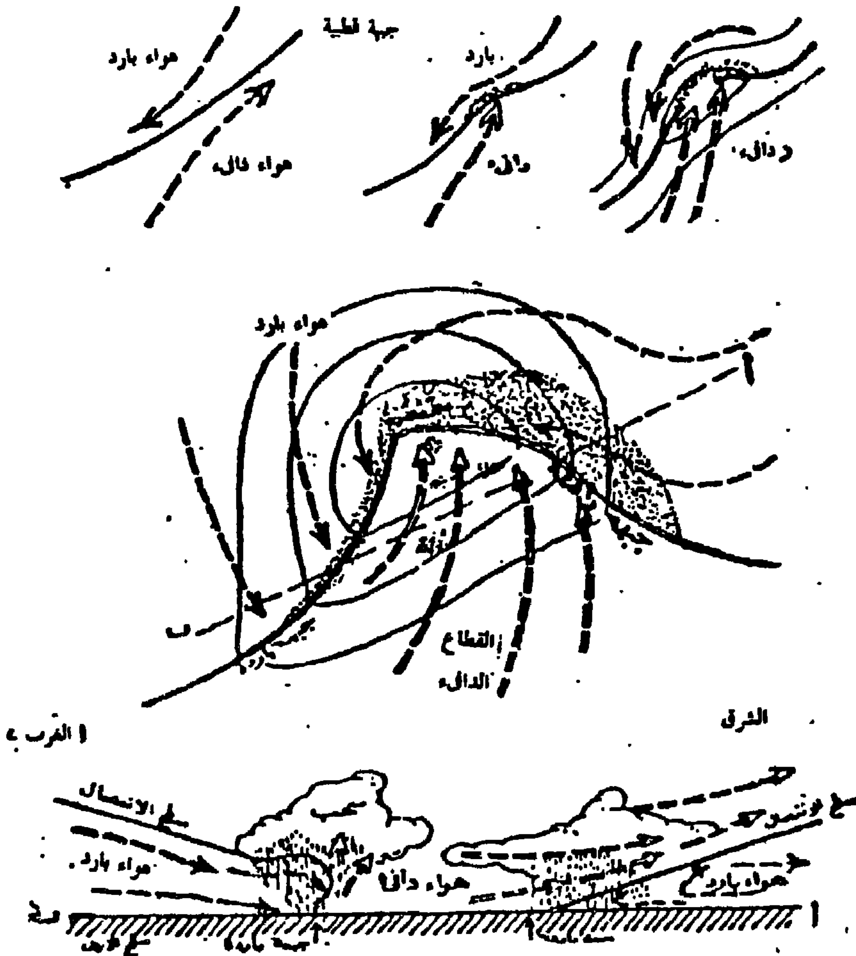
وعندما تلتقى كتلتان مختلفتان فى صفاتهما تحدث غالبا اضطرابات جوية تزداد شدتها إذا كان الاختلاف كبيرا بين الكتلتين، خصوصا فى درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحركة الهواء فى كل منهما، كما يحدث عادة عندما تلتقى الكتل الهوائية المدارية بالكتل الهوائية القطبية ، ويؤدى هذا الالتقاء إلى حدوث أعاصير ومنخفضات جوية شديدة العنف فى كثير من الأحيان .

ويجب أن نلاحظ أنه عندما تلتقى كتلة هوائية قطبية بأخرى مدارية تظل كل منهما محتفظة بمميزاتها وصفاتها ولايختلط هواء الكتلتين بسهولة ، إلا أن الهواء القطبى البارد يحاول دائما أن يندفع تحت الهواء المدارى الدافىء ، لأن الهواء البارد يكون دائما أعظم كثافة من الهواء الدافىء ، ويسمى السطح الذى يفصل بين هواء الكتلتين باسم « سطح الجبهات Frontal Surface » أو « سطح

---

* يطلق على هذه المنخفضات أحيانا اسم أعاصير « Cyclones » ولكن الاسم الأول هو المفضل استخدامه فى الوقت الحاضر ، وذلك تمييزا لها عن نوع آخر من الأعاصير التى تظهر فى الأقاليم المدارية الحارة ، ومن أشهرها التيفون فى بحر الصين والهاريكين فى خليج المكسيك .

الانفصال Surface of Separation ، فاذا فرضنا أن الأرض ثابتة فان سطح الانفصال هذا يكون أفقيا ، بمعنى أن الهواء الدافىء يطفو فوق الهواء البارد ، كما يحدث تماما عندما يتقابل سائلان مختلفا الكثافة ، ولكن بما أن الأرض تدور حول نفسها باستمرار فإن سطح الانفصال يكون مائلا على المستوى الأفقى بدرجة تتزايد كلما بعدنا عن خط الاستواء ولكنها تبلغ فى المتوسط حوالى ١/١٠٠ أى أن سطح الانفصال يرتفع بمعدل وحدة لكل مسافة قدرها ١٠٠ وحدة أفقيه ، ويوضح شكل (٣٦) بصورة تخطيطية كيف يصعد الهواء المدارى الدافىء فوق الهواء القطبى البارد .



شكل (٣٦) المراحل المختلفة التى يمر بها المنخفض الجوى

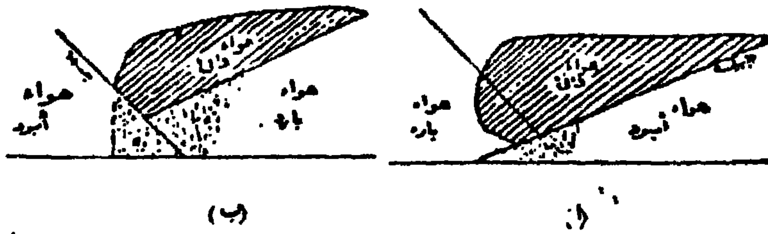
والتقاء كتلتين هوائيتين مختلفى النشأة والصفات يمكن تشبيهه بالتقاء جيشين متحاربين على طول جبهة واحدة ، فكما يحاول كل جيش أن يقتحم صفوف الجيش الآخر فإن هواء كل كتلة من الكتلتين المتضادتين يحاول باستمرار الاندفاع فى منطقة هواء الكتلة الأخرى ، إلا أن هواء الكتلة الباردة يظل دائما ملاصقا لسطح الأرض بسبب ثقله النسبى ، أما هواء الكتلة الدافئة فيندفع فوق سطح الانفصال على شكل موجات ، تكون كل موجة منها بمثابة النواة الأولى لأحد المنخفضات الجوية .

وتبدأ الموجة صغيرة فى أول الأمر ولكنها لاتلبث أن تكبر وتتوغل فوق سطح الانفصال ، ويؤدى ذلك إلى تكون منطقة من الضغط المنخفض فوق هذا السطح ، فيندفع الهواء البارد نحو هذه المنطقة محاولا الوصول إلى مركزها وذلك فى حركة مضادة فى اتجاهها لحركة عقرب الساعة ، ولهذا السبب فإن هجومها يكون دائما موجها إلى مؤخرة الموجة الدافئة ، ويطلق على مقدمة الهواء البارد التى تهاجم الموجة الدافئة بهذا الشكل اسم الجبهة الباردة « Cold front » ، أما مقدمة الموجة الدافئة فيطلق عليها اسم الجبهة الدافئة « Warm front » أما الموجة الدافئة نفسها فيطلق عليها اسم « القطاع الدافىء Warm Sector » .

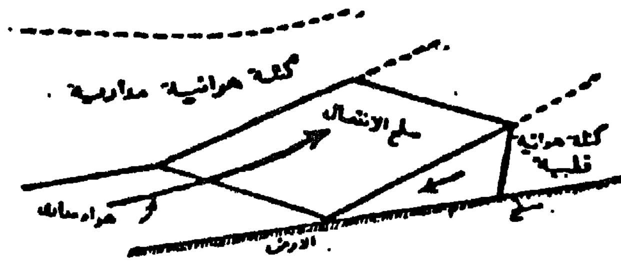
ويأخذ المنخفض الجوى بعد بدء تكونه فى التحرك من الغرب إلى الشرق ، إلا أن سرعة تقدم الجبهة الدافئة تكون عادة أقل بحوالى سبعة كيلومترات فى الساعة من سرعة تقدم الجبهة الباردة . لأن الهواء الدافىء يضيع بعض الوقت فى محاولة الارتفاع فوق الهواء البارد ، ويترتب على هذا الفرق فى السرعة أن تضيق الموجة الدافئة بالتدريج ، ويستطيع الهواء البارد فى النهاية أن يعزل القسم المتقدم منها عن الكتلة الدافئة الأصلية ، ويحدث ذلك عندما يلتقى الهواء البارد الذى فى مقدمة المنخفض الجوى بالهواء البارد الذى فى مؤخرته ، وانفصال القسم المتقدم من الموجة الدافئة بهذا الشكل يعتبر المرحلة الأخيرة من مراحل المنخفض الجوى ، وهى المرحلة التى يطلق عليها اسم « مرحلة الامتلاء

Occlusion » . وفيها يبدأ الهواء البارد فى السيطرة على المنطقة نهائيا فيستمر فى اندفاعه تحت الجزء المحصور من الهواء الدافىء حتى يطرده إلى أعلى الجو ، وبهذا الشكل يتلاشى المنخفض ، وقد وضحنا فى شكل (٣٧) المراحل المختلفة التى يمر بها المنخفض الجوى حتى يصل إلى أعنف مراحله .

ولكن يلاحظ أن هناك نوعين مختلفين من الامتلاء أحدهما دافىء « Warm Occulsion » والثانى بارد « Cold Occlusion » . ويحدث الامتلاء الدافىء إذا كان الهواء البارد الذى فى مقدمة المنخفض أشد برودة من الهواء البارد الذى فى مؤخرته ، فالذى يحدث عند التقائهما هو أن يصعد الهواء الأخير فوق الهواء الأول كما يحدث تماما عندما يصعد هواء كتلة دافئة فوق هواء كتلة أخرى ، أما الامتلاء البارد فيحدث إذا كان الهواء البارد الذى فى مؤخرة المنخفض أشد برودة من الهواء البارد الذى فى المقدمة فبدل أن يصعد فوقه ، كما يحدث فى الامتلاء الدافىء ، فانه يندفع تحته .



شكل (٣٧) الامتلاء الدافىء (أ) والامتلاء البارد (ب)



شكل (٣٨) صعود الهواء المدارى الدافىء فوق الهواء القطبى البارد

٧ ـ ٢ ـ ٢ ـ توزيعها واختلاف بعضها عن بعض :

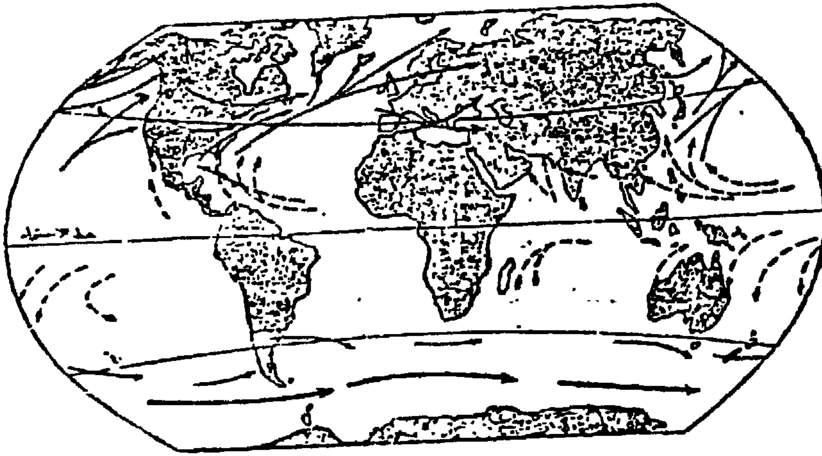
تظهر المنخفضات الجوية فى مناطق واسعة من العالم ، وذلك فى العروض المعتدلة ، مابين خطى عرض ٣٥° و ٦٥° فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى ، وهى العروض التى تسود فيها الرياح الغربية ويكثر فيها تقابل الكتل الهوائية المدارية بالكتل الهوائية القطبية . ولكنها تكثر فى بعض الفصول عنها فى فصول أخرى ، فعلى حوض البحر المتوسط مثلا نجد أنها تكثر بصفة خاصة فى الشتاء والربيع ، أما فى غرب أوروبا فإنها تكثر فى فصلى الشتاء والخريف .

ومرور المنخفضات الجوية يسبب عادة حدوث تقلبات فجائية فى الطقس فيشتد هبوب الرياح وتتساقط الأمطار بغزارة وقد تظهر عواصف الرعد وغير ذلك من التقلبات الجوية التى سنشرحها فيما بعد ، ويجب ألا نخلط بين المنخفضات الجوية (أو كما تسمى أحيانا أعاصير المنطقة المعتدلة) وبين الأعاصير المدارية التى تظهر فى المنطقة الحارة مابين المدارين ، والتى سنتكلم عليها فيما بعد .

وتتحرك المنخفضات الجوية بعد تكونها من الغرب إلى الشرق بصفة عامة ، ولو أنها قد تغير اتجاه سيرها فجأة أو بالتدريج وتنحرف نحو الشمال الشرق أو الجنوب الشرق ، وتبين الخريطة التى فى الشكل (٣٩) المسالك الرئيسية التى

تتبعها معظم المنخفضات الجوية فى المنطقة المعتدلة ، وكذلك المسالك التى تتبعها الاعاصير المدارية . وتبين الخريطة شكل (٤٠) المسالك الرئيسية للمنخفضات الجوية على أوروبا وحوض البحر المتوسط .

أما السرعة التى تتحرك بها المنخفضات فانها ليست ثابتة ولكنها تتراوح فى المتوسط مابين ٢٠ و ٣٠ كيلومترا فى الساعة ، ولكن قد يحدث فى بعض الأحيان أن يتمركز المنخفض الجوى فى مكان واحد عدة أيام ، وهذا مايحدث



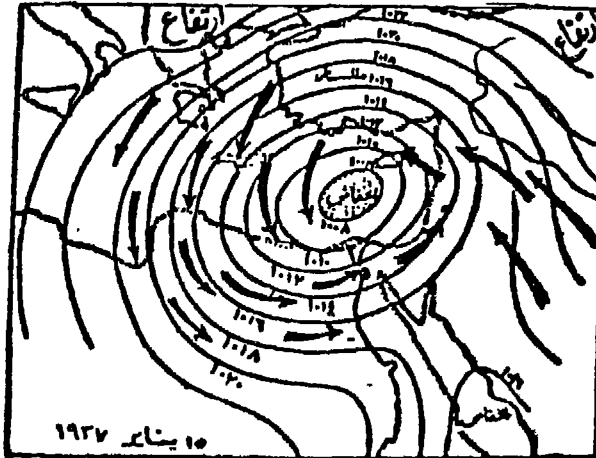
شكل (٣٩) المسالك الرئيسية للمنخفضات الجوية
(الخطوط المتصلة) والأعاصير المدارية (الخطوط المقطعة) فى العالم

مثلا فى بعض المنخفضات الشتوية التى تمر إلى الشمال من مصر فى فصل الشتاء ، فكثيراً مايتمركز أحد هذه المنخفضات على جزيرة قبرص ويبقى ثابتا فى مكانه عدة أيام يكون الجو خلالها فى شمال مصر دائم الاضطراب (شكل ٤١) .

وتختلف المنخفضات الجوية بعضها عن بعض من حيث الاتساع ، فبينما يغطى بعضها منطقة يزيد قطرها على ١٥٠٠ كيلومتر ، نجد أن بعضها الآخر



شكل (٤٠) المسالك الرئيسية للمنخفضات الجوية على أوروبا
وحوض البحر المتوسط



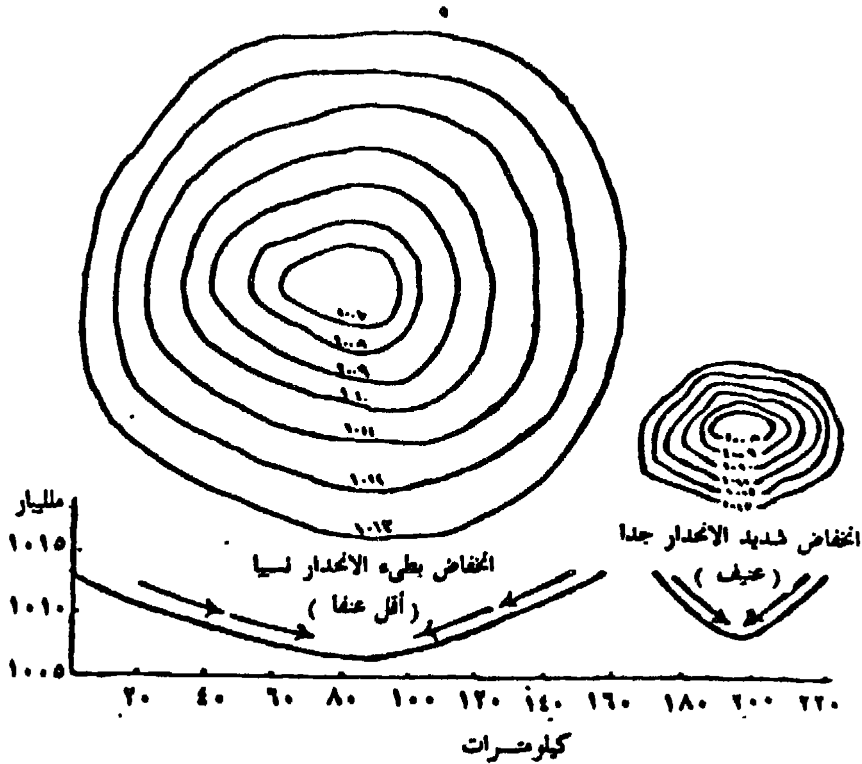
شكل (٤١) منخفض جوى متمركز على جزيرة قبرص

يغطى منطقة لايزيد قطرها على ٣٠٠ كيلومتر ، أما تأثير المنخفض الجوى فقد يظهر فى مناطق تبعد كثيرا عن مركزه ، حتى أنه قد يكون سببا فى وصول رياح قطبية باردة إلى المناطق المدارية الحارة ، أو وصول رياح حارة من المناطق المدارية إلى الأقاليم الشمالية الباردة ، فقد حدث مثلا فى حالات كثيرة أن وصلت إلى شمال إفريقية ، بل إلى شمال السودان ، رياح شديدة البرودة من وسط وشمال أوروبا ، كما وصلت إلى هذه المناطق الأخيرة (وسط وشمال أوروبا) رياح شديدة الحرارة من الصحراء الكبرى .

وتختلف المنخفضات الجوية بعضها عن بعض كذلك فى العمق ، ثم فى شدة انحدار الضغط الجوى نحو مركزها ، ويدل نظام خطوط الضغط المتساوى التى ترسم حول مركز المنخفض فى خرائط الطقس اليومية على عمق المنخفض وشدته فإذا كانت الخطوط متقاربة دل هذا على أن الضغط ينخفض بسرعة فى مسافة قصيرة ، ومعنى هذا أنه يكون شديد الانحدار نحو المركز ، أما إذا كانت الخطوط متباعدة فمعنى ذلك أن انحدار الضغط الجوى نحو المركز يكون بطيئا .

ويتوقف عنف المنخفض الجوى ، وشدة اضطراب الجو عند مروره ، وسرعة الرياح التى تهب حوله على شدة انحدار الضغط الجوى نحو المركز أكثر من توقفه على عمق المنخفض نفسه ، فكلما كان الانحدار شديدا ازدادت سرعة الرياح المندفعة نحو المركز ، كما يحدث للمياه التى تنحدر نحو قاع منخفض أرضى جوانبه شديدة الانحدار ، ولكن مع فارق مهم وهو أن المياه تقصد عند انحدارها غالبا مركز المنخفض الأرضى مباشرة ، أما الرياح فإنها تنحرف عند هبوبها نحو مركز المنخفض الجوى لتأخذ اتجاها مضادا لاتجاه حركة عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ومتفقا معه فى نصفها الجنوبى ، فالمنخفض الجوى الذى يتدرج الضغط نحو مركزه من ١٠١٣ مليبارات إلى ١٠٠٨ ملليبارات فى مسافة خمسين كيلومترا ، يكون أشد عنفا من منخفض آخر يتدرج الضغط نحو مركزه من ١٠١٣ ملليبارا إلى ١٠٠٧ مليبارات فى

مسافة ١٥٠ كيلومترا أو أكثر ، وذلك على الرغم من أن الثانى كما هو واضح أعمق من الأول . ويوضح شكل (٤٢) قطاعا فى منخفضين ينحدر الضغط الجوى فى أحدهما نحو المركز انحدارا أشد بكثير من انحداره فى الآخر .



شكل (٤٢) العلاقة بين عنف المنخفض الجوى وشدة انحدار الضغط الجوى نحو مركزه

٥ ـ ٢ ـ ٣ ـ ظاهرات الطقس التى تصاحب المنخفضات الجوية :

لما كانت المنخفضات الجوية تتحرك عموما من الغرب إلى الشرق فإن الظاهرات الجوية التى تصاحبها تنتقل معها فى نفس الاتجاه ، ولهذا فإن القائمين بعمل التنبؤات الجوية فى محطة ما يعتمدون فى تنبؤاتهم بصفة خاصة على البيانات التى تذيعها المحطات الواقعة إلى الغرب من محطتهم عن الأحوال الجوية وتطوراتها ، وتسجل هذه البيانات فى ساعات معينة يوميا على « خرائط

الطقس «Synoptic charts». وبواسطة هذه الخرائط يمكن تحديد موقع المنخفض الجوى ، كما يمكن معرفة عمقه ، وشدة تدرج الضغط الجوى نحو مركزه ، وخط سيره ، وسرعة تحركه على وجه التقريب . ويمكن بناء على ذلك التنبؤ بالتغيرات المنتظره فى حالة الجو ، إلا أن التنبؤات قد تخطىء أحيانا لأسباب خارجة عن إرادة المتنبىء الجوى نتيجة لحدوث تغيرات غير متوقعة على المنخفض الجوى أو على خط سيره ، فقد يحدث أن يمتلىء المنخفض أو يغير اتجاهه أو يتوقف عن التحرك قبل أن يصل إلى مكان المتنبىء الجوى ، وفى مثل هذه الأحوال لاتكون التنبؤات الجوية متفقة مع مايحدث فعلا .

أما إذا لم تطرأ على المنخفض الجوى تطورات غير متوقعة فإن الأحوال الجوية فى الأماكن التى تقع على امتداد خط سيره تتتابع غالبا بترتيب معروف ، ولكنه قد يختلف فى بعض التفاصيل باختلاف موقع المكان إلى الجنوب أو إلى الشمال من خط سير المنخفض . ويمكن تقسيم التغيرات التى تطرأ على الجو منذ اقتراب المنخفض ثم مروره وابتعاده إلى خمس مراحل كما يلى :

اولا ـــ مرحلة اقتراب المنخفض ـــ قبل أن يطرأ على الجو أى اضطراب واضح تأخذ درجة حرارة الجو فى الارتفاع بينما يأخذ الضغط الجوى فى الانخفاض ، وتهب الرياح من الشرق ثم تتحول تدريجيا إلى جنوبية شرقية ، وتكون معتدلة السرعة وجافة أو رطبة على حسب طبيعة المنطقة التى تهب منها . وتظهر فى السماء سحب رقيقة متفرقة على ارتفاع كبير ، وتكون غالبا شفافة وناصعة البياض حتى أنها لاتحجب أشعة الشمس ، وتأخذ عادة شكل أهداب الريش أو القطن المندوف . وكلما اقترب المنخفض تزايدت هذه السحب حتى تتكون منها طبقة رقيقة متصلة تنفذ من خلالها أشعة الشمس وتظهر حول قرصها هالة مستديرة بسبب تكسر الأشعة على بلورات الثلج التى تتكون منها أغلب هذه السحب . وبمرور الوقت وتزايد اقتراب المنخفض يتزايد سمك السحب حتى تحجب أشعة الشمس تماما ويتزايد قربها من الأرض . وفى نفس الوقت تتزايد سرعة الرياح ويكون أغلبها جنوبيا شرقيا أو

جنوبيا ، وتستمر درجة الحرارة فى الارتفاع ، ويستمر الضغط الجوى فى الانخفاض ، وقد يسقط مطر خفيف .

ثانيا — مرحلة مرور الجبهة الدافئة — بمجرد وصول هذه الجبهة تتحول الرياح من جنوبية شرقية أو جنوبية إلى جنوبية غربية سريعة . وتستمر درجة الحرارة فى ارتفاعها ، ويزداد سمك السحب كما يزداد قربها من الأرض وتحتجب بها السماء تماما وقد يصاحبها سقوط بعض الأمطار . وتحدث فى هذه المرحلة أحيانا موجات حرارية شديدة إذا ماحدث هذا فى فصل الربيع وأوائل الصيف ، أما الضغط الجوى فيكون مستمرا فى انخفاضه نحو مركز المنخفض الجوى . وتتوقف رطوبة الجو أو جفافه على طبيعة المنطقة التى تأتى منها الرياح .

ثالثا — مرحلة مرور قلب المنخفض ، وهو الذى يقع فى قلب الموجة الدافئة التى تنحصر بين الجبهة الدافئة والجبهة الباردة ، وفى مركزها يكون الضغط الجوى قد وصل إلى أدناه ، أما درجة الحرارة فتظل مرتفعة ، وتظل السماء محتجبة بطبقة متصلة سميكة من السحاب ، وقد تسقط بعض الأمطار ، وتكون الرياح خفيفة فى بداية هذه المرحلة ولكنها تسكن تماما تقريبا فى أواسطها وقرب نهايتها ، ولكنه هو « السكون الذى يسبق العاصفة » على حسب التعبير المشهور ، إذ أن الجو يدخل بعدها مباشرة فى أشد حالاته اضطرابا .

رابعا — مرحلة مرور الجبهة الباردة ، وهى أشد مراحل المنخفض الجوى اضطرابا ، ويحدث الاضطراب عادة بشكل مفاجىء ، فما إن تصل الجبهة الباردة حتى تتحول الرياح فجأة من جنوبية غربية إلى شمالية غربية أو شمالية ، وتصل إلى أعلى سرعتها ، وتتوقف هذه السرعة على عمق المنخفض وشدة انحدار الضغط نحو مركزه ، ففى حالة المنخفضات الشتوية العنيفة قد تصل هذه الرياح إلى سرعات يترتب عليها حدوث كثير من التخريب . وبمجرد

مرور هذه الجبهة تنخفض درجة الحرارة انخفاضا فجائيا ، فإذا حدث ذلك فى فصل الشتاء فقد تنخفض درجة الحرارة إلى قرب درجة التجمد أو دونها على حسب موقع المكان ، وذلك بسبب وصول هواء قطبى من العروض القطبية ، وتتلبد السماء بغيوم داكنة سميكة قريبة من سطح الأرض ، وتحدث عواصف رعدية تنهمر أثناءها الأمطار بغزارة شديدة . وتستمر هذه الاضطرابات بدون انقطاع لفترة تتوقف على سرعة تحرك المنخفض الجوى أو تمركزه .

خامسا ــ مرحلة ابتعاد المنخفض الجوى : تأتى هذه المرحلة بعد مرور الجبهة الباردة ، وفى أثنائها تتناقص شدة الاضطرابات الجوية فتتناقص سرعة الرياح وتتناقص السحب وتتناقص الأمطار تبعا لذلك وتسقط بشكل زخات متفرقة يزداد تباعدها بمرور الوقت ويصفو الجو تدريجيا ، ولكن درجة الحرارة تظل مائلة للبرودة لبعض الوقت بينما يأخذ الضغط الجوى فى الارتفاع حتى يبتعد المنخفض الجوى نهائيا أو يمتلىء وينتهى أثره .

ويجب أن نشير مع ذلك إلى أن الظاهرات التى سبق وصفها ، على الرغم من أنها تظهر عند مرور معظم المنخفضات الجوية ، فإنها تتغير أحيانا لأسباب طارئة ، مما يؤدى إلى حدوث أخطاء فى التنبؤات الجوية كما سبق أن بينا . كما أنها قد تختلف من مكان إلى آخر على حسب الموقع بالنسبة لمركز المنخفض الجوى . ويبين شكل (٤١) اتجاه الرياح على مصر وشرق البحر المتوسط عندما يتمركز منخفض جوى شديد العمق على جزيرة قبرص .

٧ ــ ٢ ــ ٤ ــ الرياح المحلية التى تسببها المنخفضات الجوية :

بينا فيما سبق أن هبوب الرياح حول المنخفضات الجوية له نظام خاص قد لا يتمشى مع الدورة الهوائية العامة للرياح فوق سطح الكرة الأرضية ، ففى نصف الكرة الشمالى تهب الرياح فى مقدمة المنخفض من الاتجاهات الجنوبية بصفة عامة ، ولهذا فإنها تكون غالبا دافئة أو حارة ، خصوصا فى نصف السنة

الصيفى ، أما فى مؤخرة المنخفض فتهب الرياح من الشمال ، وتكون باردة خصوصا فى نصف السنة الشتوى .

وللرياح التى تهب فى مقدمة المنخفضات الجوية أو فى مؤخرتها أهمية خاصة بالنسبة لبعض المناطق ، وذلك على حسب ماتتميز به من صفات خاصة ، ومايمكن أن يكون لها من أثر فى حياة السكان ، ولكل نوع من هذه الرياح أسماء محلية يشتهر بها فى المناطق التى يظهر فيها . ففى مصر مثلا يطلق اسم رياح الخماسين على الرياح الحارة التى تهب من الصحراء فى مقدمة المنخفضات الجوية فى فصل الربيع . وقد تعبر هذه الرياح البحر المتوسط وتصل إلى جنوب أوروبا حيث يطلق عليها اسم السيروكو . ويطلق اسم رياح الفهن فى منطقة جبال الالب على الرياح الدافئة التى تظهر على السفوح الشمالية للجبال ، وهى رياح تهب من الجنوب فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تمر على شمال أوروبا . ويطلق اسم المسترال فى جنوب فرنسا على رياح شديدة البرودة تهب على وادى الرون من الشمال . وذلك فى مؤخرة المنخفضات الجوية التى تغزو البحر المتوسط من الغرب . وتظهر فى شبه جزيرة البلقان رياح من نفس نوع المسترال يطلق عليها اسم البورا . ويطلق على جميع هذه الرياح واشباهها اسم الرياح المحلية « Local Winds » وذلك لأن تأثيرها لايظهر غالبا إلا فى مناطق محدودة من العالم ، فضلا عن أنها لاتهب إلا فى فترات متقطعة ولايستمر هبوبها أكثر من بضعة أيام كلما توفرت أسباب هبوبها .

ويمكننا أن نقسم الرياح المحلية المشهورة التى تسببها المنخفضات الجوية إلى ثلاث مجموعات رئيسية هى :

أ ـــ رياح حارة تهب فى مقدمة المنخفضات الجوية ، ومن أشهر أنواعها رياح الخماسين فى مصر والسموم فى صحارى شمال افريقية وبلاد العرب والسيروكو على الساحل الجنوبى لاوروبا .

ب ـ رياح حارة يهب معظمها كذلك فى مقدمة المنخفضات الجوية ، ولكنها لاتظهر إلا فى بعض الأقاليم الجبلية حيث تكتسب معظم حرارتها نتيجة لانضغاطها على سفوح الجبال ، ومن أهمها رياح الفهن فى جبال الألب فى أوروبا والشنوك فى جبال الروكى بأمريكا الشمالية .

جـ ـ رياح باردة تهب فى مؤخرة المنخفضات الجوية ، ومن أهمها رياح المسترال فى حوض الرون ، ورياح البورا فى شمال البحر الأدرياتى .

وفيما يلى وصف مختصر لأهم الرياح المحلية التى تنتمى إلى هذه المجموعات الثلاث :

أولا ـ المجموعة « أ » (نوع الخماسين) :

الخماسين : هى رياح صحراوية شديدة الحرارة والجفاف تهب على القسم الشمالى من مصر فى فصل الربيع ، وذلك فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تمر بالقرب من الساحل الشمالى للبلاد فى هذا الفصل ، وهى تهب من ناحية الجنوب بصفة عامة . ونظرا لأنها تأتى من الصحراء فإنها كثيرا ماتكون محملة بالأتربة والرمال . وقد يحدث أن تصل درجة الحرارة أثناء هبوبها إلى حوالى ٤٥ درجة مئوية ولكنها لاتلبث أن تنخفض بنحو ١٥ درجة أو أكثر عندما تمر الجبهة الباردة من المنخفض الجوى وتتحول الرياح إلى شمالية أو شمالية غربية .

وتعتبر رياح الخماسين من أقسى الظاهرات المناخية التى تشوب مناخ القسم الشمالى من مصر فى فصل الربيع . وذلك على الرغم من أنها لاتهب إلا فى أيام معدودة . ويعتبر شهر مارس وأبريل أكثر الأشهر تعرضا لهبوبها ويتضح ذلك من الأرقام الآتية التى تبين متوسط عدد الأيام التى تهب فيها رياح الخماسين فى الأشهر المختلفة . فبراير ٦ ، مارس ٧ ، أبريل ٧ ، مايو ٥ ، يونيو ٢ .

السموم : هى صورة أخرى من رياح الخماسين ، فهى رياح حارة جافة محملة بالأتربة تهب من الجنوب بصفة عامة وتشتهر بها صحارى بلاد العرب

وشمال الصحراء الكبرى فى ليبيا وبلاد المغرب . وهى تهب كذلك فى مقدمة المنخفضات الجوية خصوصا فى فصل الربيع . وقد تكون الأتربة التى تحملها من الكثرة بحيث تقلل مدى الإبصار أحيانا إلى بضع ياردات . وهذه هى نفس الرياح التى تشتهر فى ليبيا باسم « القبلى » .

السيروكو Sirocco : هى رياح حارة رطبة تهب على جنوب أوروبا وخصوصا على البلقان وإيطاليا من ناحية الجنوب . وهى فى الواقع امتداد لرياح الخماسين (أو السموم) التى قد تعبر البحر المتوسط فتحمل عند عبورها كميات كبيرة من بخار الماء . ويكون الجو عند هبوبها حارا رطبا ذا أثر سىء فى النفوس ، وقد يتسبب عنها ظهور ضباب كثيف على السواحل . ويكون اتجاهها على إيطاليا جنوبيا شرقيا فى غالب الأحيان . وكلمة سيروكو مأخوذة من كلمة « الشرق » العربية[1] .

الليفانتر Levanter (أو السولانو Solano) : وهى رياح حارة رطبة من نوع السيروكو ، وتهب من ناحية الشرق على منطقة جبل طارق ، وكثيرا مايؤدى هبوبها إلى حدوث دوامات فى مياه البحر تكون خطرا على الملاحة ، وتظهر هذه الدوامات بصفة خاصة على الجانب الغربى من بوغاز جبل طارق . وقد سميت هذه الرياح بالليفانتر لأنها تهب من الشرق ، أى من ناحية الليفانت "Levant" وهو اسم تاريخى يطلق على القسم الشرقى من البحر المتوسط .

الهارمتان Harmattan : هى رياح صحراوية شديدة الجفاف . تهب من الصحراء الكبرى على البلاد الممتدة على طول ساحل غانة فى غرب إفريقية ، ويكون اتجاهها شماليا شرقيا أو شرقيا . ورغم شدة حرارتها وجفافها وماتحمله أحيانا من أتربة فإن السكان يرحبون بها ويحبونها لأنها تنقذهم ولو لفترة محدودة من الرطوبة الشديدة التى تتميز بها هذه المناطق ، وهى على كل حال ذات تأثير حسن على صحة السكان بصفة عامة.ويتفق موسم هبوبها إجمالا مع أشهر الشتاء والربيع ، وكثيرا ماتحمل معها مقادير كبيرة من الأتربة التى تنتشر على

(١) Horrocks, N. K. « Physical Geography and Climatology », 1955. P. 222

شكل ضباب يمتد أحيانا إلى مسافات بعيدة قد تبلغ مئات الكيلومترات فوق المحيط الأطلسى مما يسبب كثيرا من الأخطار على الملاحة .

البريكفيلدرز Brickfielders : وهى رياح صحراوية حارة معروفة فى جنوب شرق استراليا ، وتهب بصفة خاصة فى فصلى الربيع والصيف ، وذلك فى مقدمة بعض المنخفضات الجوية التى تعبر القارة من الغرب إلى الشرق ، ونظرا لأنها تهب من الصحراء فإنها تكون محملة بمقادير كبيرة من الأتربة فضلا عن أنها تكون شديدة الحرارة وقد يستمر هبوبها عدة أيام . ولكنها تختفى فجأة وتحل محلها رياح جنوبية باردة تهب فى مؤخرة المنخفض الجوى ويطلق عليها اسم الجنوبية المندفعة « Southerly Burster » ، وسنشير إليها فيما بعد مع الرياح الباردة .

ثانيا ــ المجموعة « ب » (نوع الفهن) :

الفهن Fohn : تظهر هذه الرياح فى الوديان التى توجد فى شمال جبال الألب خصوصا فى سويسرة ، وهى رياح جنوبية دافئة شديدة الجفاف ، تهب فى مقدمة بعض المنخفضات الجوية التى تمر على شمال أوروبا ، وعند هبوبها ترتفع درجة الحرارة ارتفاعا سريعا ، ويشتد الجفاف فتنصهر الثلوج التى تغطى منحدرات الجبال بسرعة ينجم عنها احيانا حدوث فيضانات خطيرة . وهى تظهر بصفة خاصة فى نصف السنة الشتوى . وتختلف مدة هبوبها من بضع ساعات إلى عدة أيام ، وهى تبدأ على شكل هبات حارة متقطعة ، ولكنها تستمر بعد ذلك فى هبوب شديد متواصل لبضع ساعات أو بضعة أيام . ونظرا لشدة حرارتها وجفافها فإنها تساعد على انتشار الحرائق التى تحدث لأقل الأسباب ، وذلك فضلا عن أنها تكون ذات أثر سيء فى نفوس السكان ، ولكن رغم هذه المساوىء فإن الفهن لها فوائد اقتصادية عظيمة من أهمها أنها تساعد على نضج الفاكهة التى تزرع فى هذه الوديان ومنها التفاح والكمثرى ، ويتراوح متوسط عدد الأيام التى تظهر فيها هذه الرياح مابين ٣٠ و ٤٠ يوما فى السنة .

وتكتسب الفهن قسما كبيرا من حرارتها نتيجة لانضغاطها عند هبوطها بشدة على المنحدرات الشمالية للجبال . ومما يساعد على سرعة ارتفاع درجة حرارتها عند الهبوط أنها تكون قد فقدت معظم بخار الماء الذى كانت تحمله بالتكثف على المنحدرات الجنوبية . وتكون لهذا السبب جافة نسبيا عند هبوطها على المنحدرات الشمالية .

الشنوك Chinook : وهى رياح دافئة من نفس نوع الفهن ولها نفس صفاتها تقريبا ، وتظهر على المنحدرات الشرقية لجبال الروكى فى الولايات المتحدة وكندا ، حيث تعبر الرياح الرطبة الآتية من المحيط الهادى سلاسل هذه الجبال وتنحدر بشدة على جوانبها الشرقية ، وهى رياح محبوبة عند الرعاة ، لأنها تؤدى إلى انصهار الثلوج التى على منحدرات الجبال وقممها فتساعد المياه الناتجة من هذا الانصهار على ظهور المراعى . وموسم هبوب الشنوك هو فصلا الشتاء والربيع ، وذلك عند مرور المنخفضات الجوية نحو الشرق ، ويكون اتجاهها جنوبيا غربيا بصفة عامة .

سانتا آنا Santa Ana : هى رياح صحراوية حارة شديدة الجفاف تهب على جنوب كاليفورنيا من الصحارى الواقعة إلى الشرق من سلاسل جبال سيرا نيفادا عند مرور أحد المنخفضات الجوية ، وقد تحمل معها كثيرا من الأتربة والرمال ، وهى فى الحقيقة نوع من الرياح تجمع بين مميزات نوعى الخماسين والفهن ، وذلك لأنها فضلا عن كونها رياحا حارة بطبيعتها لهبوبها من إقليم صحراوى حار كما هى الحال فى الخماسين ، فانها تكتسب مقاديرا أخرى من الحرارة عند هبوطها بشدة على المنحدرات الغربية لجبال سيرا نيفادا كما يحدث تماما لرياح الفهن ، وموسم هبوبها هو الشتاء والربيع ، وهى تسبب أضرارا كثيرة للمحصولات ، خصوصا إذا ظهرت فى الربيع عندما تكون أشجار الفاكهة قد بدأت تخرج براعمها وتكون الأشجار الصغيرة قد بدأت نموها . وإلى جانب ذلك فانها تسبب مضايقات كثيرة للسكان ، وقد سميت بهذا الاسم نسبة إلى وادى سانتا آنا الذى تهب على امتداده .

ثالثا ــ المجموعة « جـ » (نوع المسترال) :

المسترال Mistral : وهى رياح شمالية شديدة البرودة تهب فى فصل الشتاء على وادى الرون بسرعة عظيمة تتراوح بين ٥٠ و ٦٠ كيلومترا فى الساعة ، ولكنها تصل فى بعض الأحيان إلى ١٠٠ كم فى الساعة ، وفى هذه الحالة قد ينتج عنها غرق بعض السفن واقتلاع بعض الأشجار ، ولهذا السبب نجد أن المنازل فى هذا الحوض تبنى بحيث تتجه أبوابها ونوافذها بصفة عامة نحو الجنوب. وسبب هبوب المسترال هو ظهور منخفض جوى على القسم الغربى من البحر المتوسط ، مما يؤدى إلى اندفاع الرياح الباردة فى مؤخرته من داخل قارة أوروبا ، ونظرا لوجود حواجز جبلية مرتفعة تحول بين هذه الرياح وبين الوصول إلى البحر المتوسط فإنها تتجمع فى وديان الأنهار المتجهه جنوبا ، ومن أهمها وادى الرون الذى تندفع على طوله بقوة عظيمة ، ومما يساعد على ازدياد قوة المسترال أن الهواء الذى يرد على قمم الجبال المجاورة وجوانبها ينحدر باستمرار نحو قاع الوادى فيضيف هواءا جديدا إلى هوائها .

البورا Bora : ومعناها الشمالية ، وهى رياح شديدة البرودة تشبه المسترال وتهب فى فصل الشتاء على البحر الإدرياتى من الشمال الشرقى بصفة عامة ، ويكون هبوبها غالبا فى أعقاب المنخفضات الجوية التى تمر على شرق البحر المتوسط ، وكما هو الحال فى المسترال نلاحظ أن البورا تكتسب كثيرا من قوتها نتيجة لهبوط الهواء الذى يرد على قمم جبال الألب الدينارية وجوانبها نحو البحر الإدرياتى .

الجنوبية المندفعة Southerly Burster : هى رياح جنوبية باردة تهب بصفة خاصة فى فصلى الربيع والصيف على ساحل نيو سوث ويلز فى جنوب شرق استراليا ، وذلك فى أعقاب بعض المنخفضات الجوية التى تعبر استراليا من الغرب إلى الشرق ، ولكن نظرا لأنها تهب من ناحية البحر فإنها لاتصل فى برودتها إلى درجة البورا أو المسترال ، ويلاحظ أن هذه الرياح تهب عادة عقب هبوب رياح أخرى حارة تأتى من الشمال فى مقدمة المنخفضات الجوية ،

ويطلق عليها اسم بريكفيلدرز ، وقد سبقت الاشارة اليها عند الكلام على الرياح الدافئة .

الهبـــوب HABOOB

يطلق هذا الاسم على نوع من الزوابع الترابية المشهورة فى شمال السودان وفى جنوب البحر الأحمر ، وهو فى الواقع نوع فريد فى بابه من الرياح المحلية وسبب حدوثه ، كما يبدو فى الوقت الحاضر ، هو وصول جبهة إحدى الكتل الهوائية الباردة إلى شمال السودان ، فالذى يحدث عندئذ هو أن الهواء البارد يسخن فى طبقاته السفلى بسبب مروره على سطح أدفأ منه ، ويترتب على ذلك حدوث حالة عدم استقرار فى هواء الكتلة الباردة ، مما يؤدى إلى نشاط التيارات الهوائية الصاعدة نشاطا كبيرا يترتب عليه ارتفاع مقادير كبيرة جدا من الأتربة والرمال ، التى توجد بكثرة فوق سطح المنطقة ، فإذا ماوصلت الرياح الشمالية التى تهب بعد ذلك فإنها تدفع هذه الأتربة والرمال أمامها نحو الجنوب أو الجنوب الشرقى وتلقى بها فوق المدن والقرى التى تصادفها ، وكثيرا ماتستمر سحب الأتربة عالقة بالجو حوالى ثلاثة أيام أو أكثر ، ويكون ظهور الهبوب مصحوبا فى بعض الأحيان بسقوط الأمطار وحدوث البرق والرعد . ويعتبر شهرا مايو ويونيو الموسم الرئيسى لحدوث هذا النوع من الزوابع .

٧ ـ ٣

الأعاصير أو العواصف الدوارة

٧ ـ ٣ ـ ١ ـ الفرق بينها وبين المنخفضات الجوية :

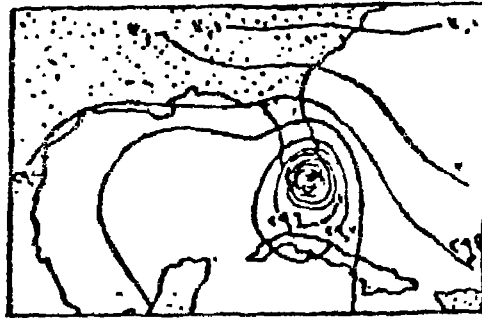
تختلف هذه الأعاصير أو كما تسمى أحيانا بالعواصف المدارية عن المنخفضات الجوية التى تظهر فى المنطقة المعتدلة من عدة وجوه ، فبينما تظهر المنخفضات الجوية فى نطاق الرياح الغربية فان الأعاصير المدارية تظهر فى نطاق الرياح التجارية أو الموسمية أى فى المناطق الحارة ، وبينما تنشأ المنخفضات الجوية على اليابس والماء على حد سواء فإن الأعاصير المدارية يغلب حدوثها فى مناطق معينة من المحيطات ولاتتوغل فى اليابس الا إلى مسافات قصيرة ، وبينما يغطى المنخفض الجوى عادة مساحة واسعة جدا قد يصل قطرها إلى أكثر من ١٥٠٠ كيلومتر فان قطر الإعصار المدارى يكون أقل من ذلك بكثير ، حيث انه يتراوح مابين ١٠٠ و ٢٥٠ كيلومترافقط، وبينما تتحرك المنخفضات الجوية دائما من الغرب إلى الشرق على وجه الإجمال ، فان الأعاصير المدارية تتحرك عادة من الشرق إلى الغرب ، ولو أن خط سيرها ينحرف نحو الشمال فى نصف الكرة الشمالى ونحو الجنوب فى نصفها الجنوبى . ويلاحظ أخيرا أن الأعاصير المدارية تكون غالبا أشد قسوة وأثرا من المنخفضات الجوية ، وكثيرا ماتؤدى إلى تدمير المبانى والمنشآت وحدوث ضحايا فى الأنفس وغرق السفن حتى الكبير منها ، كما يصحبها تدفق الأمطار بصورة أشد بكثير مما يحدث فى المنخفضات الجوية ، ويغلب أن يتتابع أثناء مرور الإعصار حدوث برق ورعد شديدين .

ويكون الضغط الجوى فى مركز الإعصار شديد العمق جدا كما يكون انحداره شديدا جدا كذلك ، حتى أن خطوط الضغط المتساوى المرسومة حول المركز تكون على شكل دوائر شديدة التقارب . ويلاحظ أن الهواء فى مركز

الإعصار يكون ساكنا تقريبا وذلك فى دائرة قطرها حوالى ٣٠ كيلومترا ، وهذه الدائرة هى التى يطلق عليها اسم « عين الإعصار » ويدور الهواء حولها ضد عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ومعه فى نصفها الجنوبى ، وذلك بسرعة تصل أحيانا إلى أكثر من ١٠٠ عقدة فى الساعة . وعند مرور الإعصار على أى مكان يرسم الباروجراف رقم ٧ مما يدل على أن الضغط الجوى ينخفض فجأة عند مرور الإعصار ، ثم يرتفع فجأة بعد ذلك مباشرة .

وتشتهر الأعاصير المدارية فى الأقاليم التى تتعرض لها بأسماء مختلفة ، منها « الهاريكين Hurricane » فى أمريكا و « التيفون Typhoon » فى الصين والويلى ويلى « Willy-Willy » فى استراليا .

ومن حوادث الأعاصير المشهورة ذلك الأعصار الذى مر على شبه جزيرة فلوريدا فى سنة ١٩٢٦ وقتل بسببه حوالى ١٥٠٠ شخص بينهم ١١٤ فى مدينة ميامى وحدها ، وقدرت الخسائر المادية التى نجمت عنه بما يزيد على ١٥ مليون جنيه ، ويبين شكل (٤٣) حالة الضغط الجوى فى ذلك الإعصار .



شكل (٤٣)
نظام خطوط الضغط المتساوى
فى اعصار فلوريدا
(١٨ سبتمبر ١٩٢٦)

ومن أقرب حوادث الأعاصير المفجعه إلى الأذهان فهو ذلك الإعصار الذى أصيبت به المناطق الساحلية من باكستان الشرقية فى نوفمبر سنة ١٩٧٠ وقتل بسببه مايقرب من نصف مليون شخص ، بالإضافة إلى أعداد اكبر بكثير من الجرحى والذين أصبحوا بدون مأوى . وقد زادت سرعة الرياح فى هذا الإعصار عن ٨٠ عقدة فى الساعة ، وطغت مياه البحر على المناطق الساحلية وغرقت جزر بأكملها بكل سكانها ، وتشتهر الولايات الهندية المطلة على خليج البنغال بهذا النوع من الأعاصير فلا يكاد يمر عام الا وتصاب بواحد منها .

٧ ــ ٣ ــ ٢ ــ نشأتها :

تنشأ الأعاصير المدارية بصفة خاصة على الأجزاء الغربية من المحيطات ، وذلك فى منطقة الركود الاستوائى ، حيث يساعد سكون الهواء على رفع درجة حرارة الطبقات السفلى منه بسرعة مما يؤدى إلى نشاط التيارات الصاعدة وحدوث حالة عدم استقرار فى الهواء ، وفضلا عن ذلك فإن التيارات المائية الاستوائية تنقل باستمرار إلى الأجزاء الغربية من المحيطات مقادير كبيرة من المياه السطحية الدافئة ، التى يكون الهواء فوقها محملا بكميات عظيمة من بخار الماء اللازم لتكوين الأمطار المتدفقة ، التى تعتبر من الظاهرات الرئيسية التى تلازم الأعاصير .

ويلاحظ مع ذلك أن هذه الأعاصير لاتظهر عند خط الاستواء نفسه لأن الرياح التى تعبر هذا الخط من الشمال إلى الجنوب أو العكس لاتنحرف الانحراف الكافى الذى يمكن أن يساعد على إحداث الحركة الدورانية التى تتميز بها الأعاصير المدارية . ويقصد بها دوران الهواء بسرعة حول مركز الإعصار على شكل دوامة ، ولكن كلما بعدنا شمالا أو جنوبا عن خط الاستواء ساعد دوران الأرض على انحراف الرياح وإحداث هذه الحركة الدورانية ، ولهذا السبب نجد أن الأعاصير لاتنشأ غالبا إلا فى الفصل الذى تتزحزح فيه منطقة الركود الاستوائية إلى أبعد وضع لها عن خط الاستواء سواء نحو الشمال أو نحو

الجنوب ، ويكون ذلك مابين خطى عرض ١٠° و ٢٠° تقريبا فى نصفى الكرة .

هذه هى الظروف العامة التى جعلت الأجزاء الغربية من المحيطات مابين خطى عرض ١٠° و ٢٠° شمالا وجنوبا ملائمة لنشأة الأعاصير المدارية ، أما العوامل المباشرة التى تؤدى إلى اثارة هذه الاعاصير فقد اختلفت الآراء فى تفسيرها ، ولكن الرأى السائد فى الوقت الحاضر هو أنها تنشأ نتيجة لتقابل ثلاث كتل هوائية مدارية فى مكان واحد ، بشرط أن تكون واحدة منها مختلفة عن الكتلتين الاخريين ، ويحدث هذا عادة عندما تلتقى كتلة مدارية قارية بكتلة مدارية بحرية فى مكان ما يقع على الجهة الاستوائية (أنظر شكل ٤٤) .

٧ — ٣ — ٣ — خطوط سيرها وتوزيعها :

يبين شكل (٣٩) المسالك الرئيسية التى تتبعها الأعاصير المدارية والمنخفضات الجوية فى العالم ، ومنه يتضح أن الأعاصير المدارية تتجه بصفة عامة من الشرق إلى الغرب ، ثم تنحرف نحو الشمال فى نصف الكرة الشمالى ونحو الجنوب فى نصفها الجنوبى ، فإذا ماحدث ووصل بعضها إلى نطاق الرياح الغربية فإنه يغير اتجاه سيره تغيرا تاما . ويبدأ فى التحرك من الغرب إلى الشرق ، وعندئذ يتلاشى الإعصار نهائيا أو يتحول إلى منخفض جوى عادى من نوع المنخفضات الجوية التى تظهر فى المناطق المعتدلة .

وعند مقارنة خطوط سير الأعاصير المدارية بتوزيع مناطق الضغط الجوى العامة على سطح الكرة الأرضية ، نلاحظ أن هذه الأعاصير تدور فى سيرها غالبا حول الأطراف الغربية لنطاقات الضغط المرتفع الدائمة فوق المحيطات وهى الأطراف التى تلتقى عندها نطاقات الضغط المذكورة بمناطق الضغط المنخفض التى تتكون فى فصل الصيف على كتل اليابس .

ورغم أن هذه الأعاصير قد تظهر فى أى شهر من شهور السنة فإنها تكثر بصفة خاصة فى فصلى الصيف والخريف ، وهما الفصلان اللذان يكون فيهما

نطاق الركود الاستوائى أبعد مايكون عن خط الاستواء شمالا أو جنوبا، ولو أن موسم كثرتها قد يتغير نوعا ما فى منطقة عنه فى منطقة أخرى .

ويلاحظ أن المحيط الأطلسى الجنوبى يكاد يخلو تماما من الأعاصير المدارية ، وربما كان السبب فى ذلك هو أن منطقة الركود الاستوائى على هذا المحيط لاتزحزح إلى الجنوب من خط الاستواء فى أى فصل من فصول السنة نتيجة لقلة مساحة اليابس بالنسبة لمساحة الماء فى هذه المنطقة . وفيما يلى أهم المناطق التى تشتهر بأعاصيرها (انظر الجدول رقم ٧) .

١ ــ بحر الصين : ويبلغ متوسط مايتنابه من الأعاصير سنويا حوالى ٢٢ إعصارا يحدث معظمها فى يوليو وأغسطس وسبتمبر واكتوبر ، ويعتبر سبتمبر أكثر الأشهر تعرضا لها حيث تبلغ نسبة مايصيبه منها ١٩٪ من المتوسط السنوى . وإن كنا نجد فى هذه المنطقة بالذات أن جميع أشهر السنة معرضة لحدوثها .

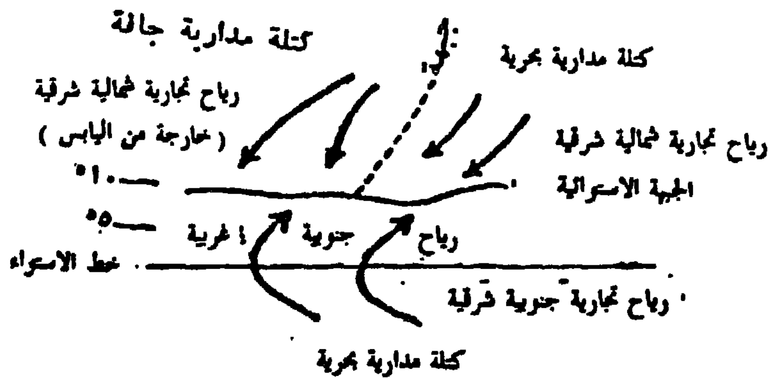
٢ ــ خليج البنغال: وينتابه سنويا حوالى عشرة أعاصير يبدأ موسمها فى يونيو وينتهى فى نوفمبر . وهى تكثر بصفة خاصة فى يوليو وأغسطس وتبلغ نسبة مجموع مايحدث فيهما معا حوالى ٣٧٪ من المتوسط السنوى ، وتنعدم تقريبا فى يناير وفبراير ومارس .

٣ ــ جزر الهند الغربية : ويصيبها حوالى ستة أعاصير فى السنة ، ويبدأ موسمها فى يونيو وينتهى فى نوفمبر . وأكثر الأشهر تعرضا لها هى شهرا سبتمبر وأكتوبر إذ تبلغ نسبة مجموع مايحدث فيهما حوالى ٤٦٪ من المتوسط السنوى ، أما الفترة التى تنتهى فى مايو فتنعدم فيها الأعاصير تماما .

٤ ــ جنوب المحيط الهندى (إلى الشرق من مدغشقر) : ويظهر هنا حوالى ستة أعاصير سنويا ، يبدأ موسمها فى ديسمبر وينتهى فى أبريل . وتبلغ نسبة مايحدث منها فى فبراير وحده حوالى ٢٩٪ من المتوسط السنوى . وتختفى الأعاصير تقريبا فيما بين يونيو وأكتوبر .

٥ ـــ البحر العربى : وبصيبه حوالى إعصارين سنويا ، واحتمال ظهور الأعاصير هنا له موسمان يبدأ الأول منهما فى أبريل وينتهى فى يوليو ، ويبدأ الثانى فى سبتمبر وينتهى فى يناير .

٦ ـــ جنوب المحيط الهادى (حول جزر فيجى وكوينزلاند) : ونصيبه فى المتوسط إعصاران سنويا ، وأكثر الأشهر تعرضا لها هى ديسمبر حتى أبريل .



شكل (٤٤) نشأة الاعاصير المدارية فى منطقة التقاء ثلاث كتل هوائية
(Horrock, 1952, P. 220)

٧ ـــ ٣ ـــ ٤ ـــ الترنادو TORNADO

يطلق اسم الترنادو على نوعين مختلفين من الأعاصير ، يظهر الأول منهما فى غرب إفريقية على ساحل غانة بالقرب من خط الاستواء ويطلق عليه عادة اسم الترنادو الإفريقى ، وهو ينشأ عندما تلتقى رياح الهارمتان الجافة التى تهب من الصحراء الكبرى فى الشمال بالرياح الموسمية الرطبة التى تهب من الجنوب . ويكون مصحوبا ببرق ورعد شديدين وأمطار تنهمر بغزارة متناهية ، وكثيرا ماتتسبب عنه أضرار كثيرة .

جدول (٧) متوسط عدد الأعاصير المدارية فى المناطق المختلفة وتوزيع النسب المئوية لها على أشهر السنة

	متوسط العدد فى السنة	النسب المئوية لتوزيعها											
		يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
بحر الصين	٢٢	٤	٢	٢	٣	٥	٦	١٥	١٦	١٩	١٥	٩	٥
خليج البنغال	١٠	—	—	—	٢	٥	١١	١٨	١٩	١٥	١٥	١٠	٥
جزر الهند الغربية	٦	—	—	—	—	—	٧	٧	١٦	٣٢	٣١	٦	١
جنوب المحيط الهادى (شرق مدغشقر)	٦	٠١	٢٩	٢٠	٩	٣	—	—	—	١	١	٤	١٣
البحر العربى	٢	٤	—	—	٥	١١	٢٥	٧	—	٤	٢٢	١٨	٤
(جزر فيجى كوينزلاند) جنوب المحيط الهادى	٢	٢٣	١٨	٢٢	٩	٤	٦	٥	—	٣	٢	١	٧

أما النوع الثانى من الترنادو، وهو فى الواقع النوع المشهور الذى يقصد غالبا د ذكر هذا الاسم ، فيظهر فى المناطق المعتدلة داخل نطاق بعض المنخفضات وية العادية ، ويتميز بأنه صغير الحجم جدا ، فالمنطقة التى يغطيها لايزيد رها فى الغالب على ١,٥ كيلومتر ، وقد ينخفض أحيانا إلى ١٠٠ متر ط . ورغم صغر حجمه بهذا الشكل فانه يعتبر أشد أنواع الأعاصير فتكا لمدمرا ، ويرجع ذلك لسببين هما :

اولا — سرعة دوران الهواء حول مركز الإعصار بدرجة لايزال من ستحيل قياسها ، ولكنها تقدر بأكثر من ٣٠٠ عقدة فى الساعة فى غالب لأحيان .



شكل (٥٤) منظر لقمع السحاب ونافورة الماء اللذين يظهران عند مرور الترنادو

ثانيا — انخفاض الضغط الجوى فى وسط الإعصار انخفاضا غير مألوف . ولايعرف بالضبط مدى هذا الانخفاض ، حيث أن الترنادو يزيل كل مايكون فى طريقه من معالم ويدمر كل شىء بما فى ذلك أجهزة الرصد . ومن الغريب أنه بينما يدمر الترنادو جميع مايقع فى طريقه من معالم الحياة ومظاهر العمران ، فإن هذا التدمير يقتصر عادة على شريط ضيق يزيد عرضه على قطر دائرة الترنادو نفسها ، بينما يظل كل ماحولها سليما إلى حد كبير .

ويغلب أن ينشأ هذا النوع من الاعاصير على اليابس فى فصل الربيع والصيف خصوصا فيما بعد الظهر ، وهو يتحرك عادة من الغرب إلى الشرق فى خط مستقيم تقريبا ، وذلك بسرعة تتراوح مابين ٢٠ و ٤٠ عقدة فى الساعة ، ولكنه يتلاشى غالبا بعد تحركه مسافة ٣٠ كيلومتر فقط ، وإذا مر هذا الإعصار على البحر فان المياه تضطرب اضطرابا شديدا ، وقد تخرج من سطح الماء نافورة يصل لرتفاعها أحيانا إلى أكثر من ٥٠ مترا وقطرها حوالى ٨ أمتار ، كما يتدلى من السحاب مخروط طويل يمتد نحو الأرض شكل (٤٥) ، وظهور هذا المخروط يعتبر دائما نذيرا باقتراب الترنادو ، وهاتان الظاهرتان يكثر حدوثهما فى خليج المكسيك .

وأكثر بلاد العالم تعرضا لهذا النوع من الأعاصير هى الولايات المتحدة خصوصا فى حوض المسيسبى ، وهى تنشأ هنا نتيجة لتقابل تيارين من الهواء أحدهما حار رطب يهب من ناحية خليج المكسيك ، والثانى بارد جاف يهب من ناحية الشمال .

٨
التبخر ورطوبة الهواء

٨ ــ ١ ــ تمهيد ــ (الحالات التى يوجد بها الماء فى الجو).

٨ ــ ٢ ــ التبخر .
٨ ــ ٢ ــ ١ ــ تعريفه .
٨ ــ ٢ ــ ٢ ــ أهميته .
٨ ــ ٢ ــ ٣ ــ العوامل التى تتحكم فى التبخر .
٨ ــ ٢ ــ ٤ ــ قياس التبخر أو حسابه .
٨ ــ ٣ ــ النتح .
٨ ــ ٤ ــ التبخر الكلى .
٨ ــ ٥ ــ رطوبة الهواء .
٨ ــ ٥ ــ ١ـ طرق التعبير عنها .
٨ ــ ٥ ــ ٢ـ طرق قياسها .
٨ ــ ٥ ــ ٣ـ أهميتها .

٨

التبخر ورطوبة الهواء

٨ — ١ — تمهيد — (الحالات التى يوجد بها الماء فى الجو) :

يوجد الماء فى الجو فى حالة أو أكثر من ثلاث حالات هى : الحالة الغازية (بخار) ، والحالة السائلة (ماء) والحالة الصلبة (ثلج) . ولكنه قد يتحول من أية حالة من هذه الحالات الثلاث إلى أية حالة من الحالات الأخرى نتيجة لإحدى العمليات الآتية :

١ — التبخر Evaporation : وهو التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية .

٢ — التكثف Condensation ، وهو التحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة .

٣ — التسامى Sublimation ، وهو التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة ، كما هى الحال مثلا عند حدوث التبخر من سطح الجليد فى الأقاليم القطبية .

٤ — الترسيب Deposition ، وهو التحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة مباشرة ، دون المرور بالحالة السائلة ، كما يحدث أحيانا عند تكون الصقيع نتيجة لهبوط مفاجىء فى درجة الحرارة إلى مادون درجة التجمد Freezing Point (صفر مئوى أو ٣٢° ف) أو عند تجمد البخار أحيانا .

٥ — التجمد (أو التبلور) Freezing (أو Crystallisation) وهو يحدث عندما تنخفض درجة الحرارة إلى مادون الصفر ، ولكن يجب ألا يفهم من هذا أن التجمد لابد أن يحدث بمجرد حدوث هذا الانخفاض ، إذ إن الماء قد يبقى

سائلا حتى بعد برودته إلى درجات منخفضة جدا قد تصل إلى ــ مئوية[1] . ويوصف الماء الذى يبقى سائلا فى درجة حرارة أدنى من درجة الصفر المئوى بأنه دون البارد Subcooled أو Supercooled . ولكن مثل هذا الماء يكون دائما عرضة للتجمد بسرعة خصوصا إذا تلامس مع أى ثلج . ومعنى هذا أن الدرجة التى يتجمد فيها الماء ليست دائما ثابتة . ولكنها على أى حال لايمكن أن تزيد على الصفر المئوى . فهذا الصفر هو فى الواقع الحد الأعلى للحرارة التى يبقى فيها الثلج صلبا ، ولكنه من ناحية أخرى ليس الحد الأدنى للحرارة التى يبقى فيها الماء سائلا .

٦ ــ الانصهار Melting أو Fusion ، وهو التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة . وهو يحدث دائما بمجرد ارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المئوى ، ونظرا لأن هذه الدرجة هى الحد بين بداية التجمد وبداية الانصهار فإنها يمكن أن تسمى درجة التجمد أو درجة الانصهار . ولكن بينما قد يبقى الماء سائلا تحتها فى بعض الحالات فإن الثلج لابد أن يبدأ فى الانصهار بمجرد الارتفاع عنها .

---

(1) Meteorological Office (London), Met. O. 707, A Course in Elementary Meteordogy, 1962, p. 42.

٨ ـ ٢ ـ التبخر

٨ ـ ٢ ـ ١ ـ تعريفه :

التبخر ، كما ذكرنا آنفا ، هو تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وانطلاقه ، وهو فى هذه الحالة إلى الجو ، وهو عبارة عن عملية فيزيقية ، كما أن التكثف وهو عكس التبخر ، عبارة عن عملية فيزيقية أخرى يتم بمقتضاها تحول البخار من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة . وتحدث هاتان العمليتان نتيجة لظاهرة طبيعية معروفة ، وهى أن أى جسم مائى مهما كان حجمه ، سواء أكان نقطة مائية دقيقة عالقة بالجو أو بأحد الأجسام ، أو غشاءا رقيقا حول حبة صغيرة من الرمل أو محيطا عظيم الضخامة ، يتكون من جزيئات Molecules دائمة الحركة . وفى أثناء تحركها ينطلق بعضها من الجسم المائى إلى الهواء المجاور ، ويعود بعضها الآخر من الهواء إلى الجسم المائى ، فإذا كانت الجزيئات المنطلقة من الجسم المائى أكثر من الجزيئات العائدة إليه من الهواء يكون معنى هذا أن هناك تبخرا ، أما إذا كانت الجزيئات العائدة من الهواء أكثر من الجزيئات الواصلة إليه فمعنى هذا أن هناك تكثفا ، وتتوقف سرعة التبخر أو التكثف على مقدار الفرق بين العمليتين .

٨ ـ ٢ ـ ٢ ـ أهميته :

يعتبر التبخر حلقة أساسية فى الدورة المائية العامة ، ولولاه لما تحولت مياه البحار والمحيطات إلى مياه عذبة يعيش عليها كل ماهو حى على الأرض ، بل إن الثلوج التى تكسو مساحات واسعة من العالم ماكان لها أن تتكون لو لم يكن هناك تبخر من مياه البحار والمحيطات ، فلولا التبخر لما تكونت السحب ولما سقطت الأمطار ولما تكون الندى أو الضباب أو أى مظهر آخر من مظاهر التكثف فى الطبيعة .

ولكن بجانب هذه الأهمية الكبرى فان التبخر له من ناحية أخرى بعض

السلبيات ، ولو فى حالات خاصة ، إذ أنه يتسبب فى ضياع كميات كبيرة من مياه الأنهار والبحيرات ، ومياه التربة والنباتات لدرجة تؤدى إلى عجز الميزانية المائية لكثير من المناطق ، أو إلى رفع نسبة الرطوبة فى الهواء فى بعض الأيام الحارة بصورة تجعل الجو ثقيلا مرهقا حتى أنه قد لايكون صالحا للعمل وبذل الجهد فى بعض الأحيان .

ويحدث معظم التبخر ، الذى له دخل كبير فى المناخ ، من سطح البحار والمحيطات التى تعتبر المصدر الرئيسى لكل المياه الموجودة فى الجو أو على سطح اليابس أو فى طبقات القشرة الأرضية . إلا أن التبخر يحدث كذلك بكميات كبيرة من النباتات والأنهار والبحيرات ومن سطح التربة ، بل ومن أى سطح آخر يحتوى على أى مقدار من الماء ولو فى صورة جليد .

وبخار الماء هو أحد المواد التى توجد دائما عالقة بالهواء حتى فى أشد الأماكن جفافا ، إلا أن نسبته تتباين تباينا كبيرا من مكان إلى آخر . وعلى الرغم من أن نسبة الوزن الكلى لبخار الماء العالق بجو الأرض تقدر عموما بنحو ٥٪ فقط من الوزن الكلى للهواء فإن هذه النسبة الصغيرة هى المسئولة عن كل مظاهر التكثف وعن كل المياه التى تسقط على سطح الأرض أو تتجمع فى التربة وطبقات القشرة الأرضية ، ولولاها لما وجدت الحياة على الأرض ولكان مناخها مختلفا تمام الاختلاف عن المناخ الموجود فعلا .

٨ ـ ٢ ـ ٣ ـ العوامل التى تتحكم فى التبخر :

تتدخل فى عملية التبخر ، سواء من سطح الماء المكشوف أو من سطح التربة ، عوامل متعددة بعضها عوامل مناخية مثل الإشعاع الشمسى ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء والرياح والضغط الجوى ، وبعضها الآخر مرتبط بحالة الجسم المائى أو حالة التربة التى يحدث منهما التبخر . وليس من الممكن تحديد الدور الذى يقوم به أى عامل من العوامل التى تتحكم فى التبخر تحديدا مستقلا عن الأدوار التى تقوم بها العوامل الأخرى ، لأن العوامل كلها تعمل مع بعضها بصورة معقدة ومتشابكة ، وكل مايمكن عمله هو تقدير

النتيجة النهائية العامة لكل آثارها مجتمعة . ومع ذلك فقد أثبتت الدراسات والتجارب أن تأثير بعض العوامل أقوى وأوضح من تأثير بعضها الآخر . وفيما يلي شرح موجز للعلاقة بين التبخر وبين العوامل التي تؤثر فيه ، وهي :

أ ـ العوامل المناخية   ب ـ العوامل المتعلقة بحالة الماء .

جـ ـ العوامل المتعلقة بحالة التربة .

أ ـ العوامل المناخية :

١ ـ الإشعاع الشمسي : وهو أهم العوامل المؤثرة في التبخر على الإطلاق ، فقد أثبتت التجارب التي أجريت حتى الآن أن الدور الذي يقوم به يفوق كثيرا الدور الذي يقوم به أي عامل آخر منفرد . وقد تبين من هذه التجارب وجود علاقة طردية واضحة بين قوة الإشعاع الشمسي والتبخر .

درجةالحرارة : فهي التي تحدد درجة حرارة السطح الذي يحدث منه التبخر ، وحرارة هذا السطح هي التي تحدد بدورها سرعة انطلاق الجزيئات منه إلى الجو . وكما هي الحال بالنسبة للإشعاع الشمسي فإن العلاقة بين درجة الحرارة والتبخر علاقة طردية واضحة . ولدرجة الحرارة فضلا عن ذلك تأثير آخر غير مباشر يحدث عن طريق تأثيرها على الرطوبة النسبية للهواء ، وهذه الرطوبة لها بدورها تأثير قوي على التبخر ، كما يتضح من الفقرة التالية .

٣ ـ الرطوبة النسبية للهواء : فالتبخر يحدث طالما أن الهواء لم يصل إلى درجة التشبع ، وتتوقف سرعة التبخر على مقدار الفرق بين الرطوبة النسبية الفعلية للهواء وبين رطوبته النسبية عندما يصبح مشبعا تماما وهي ١٠٠٪ . فالهواء الذي رطوبته النسبية ٣٠٪ مثلا يكون أكثر ملاءمة لنشاط التبخر من الهواء الذي رطوبته النسبية ٤٠٪ ، ويتناقص نشاط التبخر كلما اقتربت الرطوبة النسبية من حدها الأقصى وهو ١٠٠٪ ، وعندئذ يتوقف التبخر تماما . ومن المعروف أن انخفاض درجة حرارة الهواء يؤدي إلى زيادة رطوبته النسبية ، بينما يؤدي ارتفاعها إلى نقص هذه الرطوبة ، وهذا يفسر لنا أحد الاسباب

المهمة لتناقص التبخر نتيجة لانخفاض درجة الحرارة ، وتزايده نتيجة لارتفاعها .

الرياح : ويرجع تأثيرها إلى أنها قد تزيح من فوق السطح المائى طبقة الهواء التى تكون رطوبتها النسبية مرتفعة بسبب ما اكتسبته من بخار الماء وتأتى بدلا منها بهواء أكثر جفافا من اليابس المجاور مما يؤدى إلى زيادة نشاط التبخر . وكلما زادت سرعة الرياح كان تأثيرها أكبر ، وخصوصا إذا كانت مساحة السطح المائى صغيرة نسبيا . ومن الطبيعى أن سكون الهواء فوق السطح المائى يتبعه تزايد تدريجى فى رطوبته النسبية ويتبعه بالتالى تناقص تدريجى فى نشاط التبخر .

٥ ــ الضغط الجوى : فمن البديهى أن ارتفاع الضغط الجوى يعطل إلى حد ما سرعة انطلاق الجزيئات من الماء أو التربة إلى الجو ، بينما يساعد انخفاضه على زيادة هذه السرعة ، وبالتالى على زيادة نشاط التبخر ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الضغط الجوى له كذلك آثار غير مباشرة على التبخر ، فهو مثلا يؤدى إلى ضعف الرياح أو قوتها ، وهذا يؤثر بدوره على نشاط التبخر . والواقع أن الآثار غير المباشرة للضغط الجوى أهم بكثير من آثاره المباشرة .

ب ــ العوامل المتعلقة بحالة المياه :

بالإضافة إلى العوامل المناخية التى سبق شرحها فإن حالة المياه التى يحدث منها التبخر من حيث الملوحة والعمق والمساحة لها علاقة مباشرة بعملية التبخر ، فزيادة الملوحة تؤدى إلى تناقص سرعة التبخر ، ويقدر أن هذا التناقص يحدث بمعدل واحد فى المائة لكل واحد فى المائة زيادة فى درجة الملوحة ، أما عمق المياه فيرجع أثره إلى أن تأثير كل من أشعة الشمس ودرجة الحرارة يكون أقوى وأسرع على المياه الضحلة منه على المياه العميقة ، ولذلك فان زيادة الاشعاع وارتفاع درجة الحرارة يظهر أثرهما بسرعة على المياه الضحلة ، بينما يتأخر ظهور هذا الأثر نوعا ما فى المياه العميقة . أما مساحة

سطح الماء فيرجع دورها إلى أن أثر الرياح يكون أقوى على المساحة الصغيرة منه على المساحة الواسعة ، ففى حالة المساحة الصغيرة قد يؤدى أى تحرك للهواء إلى ازاحة الهواء الرطب نسبيا وإحلال هواء جاف محله من اليابس المجاور ، بينما قد يبقى هواء المساحة المائية الواسعة فوقها مدة أطول مما يؤدى إلى زيادة رطوبته النسبية ، وبالتالى إلى تناقص سرعة التبخر .

جـ ــ العوامل المتعلقة بحالة التربة :

تتحكم فى التبخر من سطح التربة نفس العوامل المناخية التى تتحكم فى التبخر من سطح المياه المكشوفة ، ولكن التبخر من سطح التربة يتأثر إلى جانب ذلك بحالة التربة نفسها وظروفها من حيث البلولة والنسيج والتركيب ، ووجود طبقة مائية قريبة أو بعيدة عن سطحها ، ووجود غطاء نباتى أو جليدى فوقها . ومن أهم الملاحظات الخاصة بهذا الموضوع مايأتى :

١ ــ إذا كانت التربة مبللة باستمرار وبدرجة كافية فقد يكون التبخر من سطحها معادلا تقريبا للتبخر من سطح مائى مساو له فى المساحة ، ولكن التبخر من التربة يأخذ فى التناقص كلما تناقصت درجة البلولة حتى يتوقف عندما تصبح التربة جافة تماما .

٢ ــ يكون التبخر أنشط فى التربة الناعمة ، مثل التربة الطينية أو الصلصالية ، منه فى التربة الخشنة مثل التربة الرملية ، لأن دقة مسام الطين والصلصال تساعد على ارتفاع المياه فى التربة من أسفل إلى أعلى بتأثير الخاصة الشعرية "Capillary action" ، ولذلك فكلما تبخر الماء من سطحها ، ارتفع إلى هذا السطح ماء جديد من أسفل طالما كانت الطبقة السفلى منه مبللة بعكس التربة الخشنة التى تحتفظ طبقاتها السفلى بمياهها لمدة أطول بسبب ضعف تأثير الخاصة الشعرية .

٢ ــ يساعد وجود طبقة مائية تحت التربة على زيادة التبخر ، وكلما كانت هذه الطبقة قريبة من السطح كان تأثيرها أكبر .

٤ ــ تساعد النباتات على حماية التربة من التبخر المباشر ، وكلما كان الغطاء النباتى كثيفا كان تأثيره أكبر ، ومع ذلك فإن عملية النتح من النباتات تؤدى إلى ضياع مقادير كبيرة من مياه التربة ، حيث تمتص المياه بواسطة الجذور وتنطلق إلى الجو من مسام النباتات ، وإذا كانت التربة مغطاة بطبقة من بقايا النباتات المتراكمة ، كما يحدث غالبا فى مناطق الغابات ، فإن هذه الطبقة تحمى التربة كذلك من التبخر .

٥ ــ إذا كانت التربة مكسوة بغطاء من الجليد فإن هذا الغطاء يساعد على حمايتها من التبخر حماية تكاد تكون تامة .

٦ ــ يتأثر التبخر بلون التربة ، والمعتاد هو أن يكون فى التربة السوداء أو الداكنة أسرع منه فى التربة القاتمة ، لأن اللون الداكن يساعد على امتصاص الحرارة ويساعد بالتالى على نشاط التبخر .

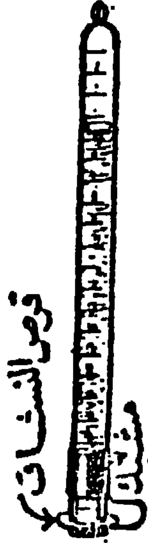
٨ ــ ٢ ــ ٤ ــ قياس التبخر أو حسابه :

يقاس التبخر بواسطة أجهزة خاصة يطلق عليها عموما اسم مقاييس التبخر "Evaporometers" ، ويوجد منها نوعان رئيسيان هما :

١ ــ نوع يقاس بواسطته التبخر من سطح مائى مكشوف ، ويستخدم فيه حوض معدنى اتساعه حوالى ستة أقدام مربعة وعمقه حوالى قدم ونصف . وعند استخدامه يملأ الحوض بالماء ويعرض للجو ، ثم يقاس الانخفاض الذى يطرأ على سطح الماء به من حين إلى آخر . والجهاز القياسى المستخدم فى محطات الأرصاد الجوية الأمريكية ، والمستخدم كذلك فى كثير من محطات العالم العربى هو الجهاز المعروف باسم « Class A Pan »

٢ ــ نوع يقاس بواسطته التبخر من سطح مبلل بالماء . مثل ورقة من الجفاف أو أى مادة أخرى مشابهة له . ومن أبسط الأجهزة التى من هذا النوع وأشهرها الجهاز المعروف بجهاز « بيشى Piche » ، وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية مدرجة توضع منكسة بعد أن تملأ بالماء . ويثبت فوق فوهتها قرص

من الجفاف ، فالذى يحدث فى هذه الحالة هو أن الماء يتبخر من سطح ورقة الجفاف التى تمتص بدورها الماء من الأنبوبة فينخفض ارتفاع الماء بها ، وتدل سرعة هذا الانخفاض فى فترة معينة على نشاط علمية التبخر أو بطئها ، (شكل ٤٦) .



شكل (٤٦) مقياس التبخر (بيشى)

ولكن يلاحظ أن طريقة قياس التبخر بواسطة أى نوع من الأجهزة السابقة تشوبها بعض العيوب التى تقلل كثيرا من قيمتها للدراسات الجغرافية وغيرها ، فالنتائج التى أمكن الحصول عليها حتى الآن بواسطة هذه الطريقة لاتمثل فى الغالب مايحدث فى الطبيعة فعلا ، لأنها لاتراعى بعض العوامل المهمة التى تتحكم فى تبخر المياه من سطح الارض أو من سطح البحار والمحيطات ، ومنها سرعة الرياح واتساع المسطحات المائية وعمق المياه فيها ، ثم نوع التربة ، ودرجة رطوبتها وغير ذلك . ومن أهم عيوب هذه الطريقة أيضا أن الأجهزة التى تستخدم فى المحطات المختلفة يتباين بعضها عن بعض ، لافى أنواعها فحسب ، بل وفى تصميم أجهزة النوع الواحد وطريقة استخدامها والظروف التى تستخدم فيها . ومن الغريب أنه لايوجد حتى الآن جهاز واحد متفق عليه

دوليا لقياس التبخر كما هى الحال فى قياس درجة الحرارة أو الضغط الجوى مثلا[1] . ولذلك فان النتائج القليلة التى تنشرها بعض محطات الأرصاد للتبخر يجب ألا ينظر إليها إلا على أنها نتائج تقريبية فقط ويجب أن نكون حريصين عندما نقارن بعضها ببعض أو نستخدمها لرسم خريطة نبين عليها توزيع التبخر فى أى منطقة من المناطق . والواقع أن التبخر يعتبر من الظاهرات المناخية التى لاتوجد لها خرائط عامة موثوق بها فى الوقت الحاضر ، وذلك باستثناء الخرائط القليلة التى رسمها بعض الجغرافيين أو علماء المناخ لتوزيع التبخر بصورة تقريبية جدا فى بعض دول أوروبا وأمريكا .

ولتلافى العيوب الكثيرة التى تشوب قياس التبخر بواسطة الأجهزة التى سبقت الإشارة إليها ، رأى بعض الباحثين فى علوم الطبيعة أنه من الممكن الحصول على تقديرات قريبة من الصحة للتبخر إذا أمكن ايجاد معامل الارتباط بينه وبين العناصر الأخرى التى تتحكم فيه . فبهذه الطريقة يكون من السهل تقدير التبخر إذا عرفنا نتائج قياس أو تقدير هذه العناصر ، فإذا استعطنا مثلا أن نوجد معامل الارتباط بين درجة الحرارة والتبخر ، فاننا نستطيع أن نقدر على أساسه سرعة التبخر فى أى درجة حرارة معينة ، وهذا بالطبع على فرض أن الحرارة هى العنصر الوحيد الذى يتحكم فى التبخر ، وهذا غير صحيح كما ذكرنا . وقد اقترح بعض الباحثين فى دول مختلفة مثل انجلترا والمانيا وأمريكا عدة معادلات وطرق رياضية من هذا النوع لحساب التبخر[2]. ولو أن العناصر والعوامل التى بنيت عليها هذه المعادلات تختلف اختلافا واضحا من

---

(١) "Report on Standard Methods of Measurements of Evaporation", Journal of the Institute of Water Engineers, vol. 2, 1948, pp. 97-299.

(٢) Thornthwaite, C. W. "An Approach Towards Rational Classification of Climate", Geog. Rev, vol. 38, 1948 pp 59-39.

Penman, H.L. "Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass" Proceedings of the Royal Society, Series A, vol, 193, 1948. PP. 120-45.

& "Evaporation over the British Isles" Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London", vol, 79, 1950, PP 59-65 and PP., 372-385

معادلة إلى أخرى . وفضلا عن ذلك فان كل المعادلات تقريبا معقدة بدرجة لاتشجع الباحث الجغرافى على الاستفادة بها فى دراساته .

ويمكن القول على أية حال أن طريقة التقدير الرياضى للتبخر تشوبها هى الأخرى عيوب وتعترضها صعوبات لاتقل فى خطورتها عن العيوب والصعوبات التى تشوب وتعترض طريقة قياس التبخر بواسطة الأجهزة ، ويكفى أن نشير إلى ماسبق أن ذكرناه من أن العناصر التى تتحكم فى التبخر ليست معروفة بالضبط ، كما أن الدور الذى يلعبه كل عنصر منها ليس محددا تحديدا دقيقا ، وفضلا عن ذلك فإن كثيرا من هذه العناصر نفسها ، ومن أهمها الرطوبة النسبية أو ضغط بخار الماء فى الجو لاتوجد لها بيانات دقيقة فى الوقت الحاضر ، لعدم وجود أجهزة مضمونة لقياسها ، ولذلك فإنها هى الأخرى تحسب بطرق رياضية معقدة تكون نتائجها غالبا تقريبية .

وأخيرا يجب أن نوجه النظر إلى أن نتائج قياس التبخر فى أى منطقة من المناطق لايدل فى معظم الأحيان على مايحدث فى الطبيعة فعلا ، لأن هناك فرقا بين مايتبخر من سطح المنطقة فى ظروفها العادية ومايمكن أن يتبخر منها إذا فرض وكان سطحها مغطى باستمرار بالماء ، وهذا فى الواقع هو ماتدل عليه نتائج القياس بالأجهزة المختلفة . ففى الصحارى الحارة مثلا تدل نتائج القياس على أن معدل ارتفاع طبقة المياه التى تتبخر سنويا يزيد على ٧٠٠ سنتيمتر ، ولكن هل هذا هو مايتبخر فعلا من سطح هذه الصحارى ؟ من الواضح أن الإجابة على ذلك يجب أن تكون بالنفى لسبب بسيط ، وهو أن الصحراء لايمكن أن يتوفر فيها هذا القدر من الماء لكى يتبخر .

٨ — ٣ — النتح TRANSPIRATION

يعتبر النتح من أهم العمليات التى تنطلق بواسطتها مقادير عظيمة جدا من بخار الماء فى الجو ، إذ أن المياه تخرج باستمرار من مسام أوراق جميع النباتات تقريبا ثم تتحول إلى بخار . ويطلق على عملية خروج المياه من مسام أوراق النباتات بهذا الشكل اسم « النتح » ويمكننا أن نتصور عظم كمية بخار الماء التى تنطلق فى الجو بهذه العملية ، إذا عرفنا أن مقدار الماء الذى يخرج بواسطة النتح من عود واحد من الذرة يزيد فى اليوم الواحد على عشرة أرطال[1] ، ويحدث ذلك فى الفترة التى يكون فيها النبات قد وصل إلى أوج نموه .

وقياس النتح ليس بأقل ان لم يكن بأكثر صعوبة وتعقيدا من قياس التبخر ولو أن بعض الباحثين فى علم النبات استطاعوا أن يحصلوا على نتائج تقريبية بواسطة عمل تجارب فى المعمل على نباتات معينة ، ولكن هذه النتائج لايمكن أن تدل على النتح من النباتات المختلفة فى بيئاتها الطبيعية التى قد تختلف من نواح كثيرة عن البيئة الصناعية التى يمكن توفيرها فى المعمل لإجراء التجربة ، وهذا فضلا عن أن النباتات تتباين فيما بينها تباينا كبيرا فيما يختص بمقدرتها على النتح لأن هذه العملية تتوقف على عوامل كثيرة ، منها شكل الأوراق وحجمها وحجم النبات وكذلك نوع التربة ودرجة رطوبتها ، ودرجة حرارة الجو والرطوبة النسبية للهواء وسرعة الرياح . ولكننا إذا مااستثنينا العوامل الخاصة بحجم النبات نفسه وشكل أوراقه تلاحظ أن العوامل التى تتحكم فى النتح هى على وجه التقريب نفس العوامل التى رأينا أنها تتحكم فى التبخر ، ومن أهمها الإشعاع الشمسى ، ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والرياح والضغط الجوى . ومن الطبيعى أنه كلما كثرت النباتات التى تغطى سطح الأرض زادت كمية المياه التى تضيع بالنتح من أوراقها .

---

(1) Kimble G., " The Weather 1951," Pelican Book P. 76.

والتجارب التى تستخدم لتقدير النتح من النباتات كثيرة وأغلبها معقد ، ولن نحاول هنا أن ندخل فى شرحها ، خصوصا وأن معظم نتائجها مازالت غير مؤكدة ، ولكننا يمكن أن نشير باختصار إلى أن معظم هذه التجارب تدخل تحت أحد نوعين رئيسين هما :

١ ـــ تجارب تجرى على النبات وهو حى فى مراحل نموه المختلفة ، لتقدير مايخرج منه من المياه بالنتح ، ويكون ذلك بوضع النبات فى غرفة خاصة يمكن أن يقاس مايطرأ على رطوبة الهواء فى داخلها من تغير .

٢ ـــ تجفيف النبات أو جزء منه ، وايجاد الفرق بين وزنه وهو حى ووزنه بعد أن يجف ، ويمكن أن يتخذ هذا الفرق أساسا لتقدير النتح من هذا النبات ، وقد أجريت تجارب من هذا النوع على بعض النباتات فى كلورادو بأمريكا الشمالية ، فظهر أن وزن مايخرج منها بالنتح طول موسم نموها يكون كما هو مبين فى الجدول (٨)[١] .

جدول (٨) معدل وزن الماء الذى يخرج بالنتح من بعض النباتات اثناء موسم نموها (من ابريل الى ٣٠ سبتمبر)

	شوفان	شعير	قمح	ذرة	ذرةرفيعة
معدل النتح (أرطال ماء لكل رطل واحد من أوراق النبات وهى جافة) .	٦٠٢	٥١١	٤٨٤	٨٥٨	١٧٣

٨ ـــ ٤ ـــ التبخر الكلى Evapotranspiration أو Total Evaporation

المقصود بالتبخر الكلى هو مجموع مايضيع من مياه أية منطقة من المناطق نتيجة للتأثير المشترك للتبخر من سطح المياه والتربة والنتح من النباتات ، ولذلك فإن بعض الباحثين يطلقون عليه ببساطة تعبير التبخر الكلى Total

(١) Shantz, H L., & Plemeisel L. N., « The Water Requirements of Plants at Akron Colorado, » Journal of Agricultural Researches, vol. 34. 1927 No.12 pp. 1993-1190

Evaporation . أما تعبير Evapotranspiration فكان قد استخدمه لأول مرة الباحث الأمريكى ثورنثويت[1] فى سنة ١٩٤٨ وكونه من كلمتى Evaporation و Transpiration . وكان قد تبين له ، كما تبين لغيره من الباحثين ، أن هذين العاملين هما أهم عاملين يتحكمان فى تحديد القيمة الفعلية للأمطار ، وأنهما متلازمان دائما فى أية منطقة تنمو بها أية حياة نباتية . ونظرا لأن العوامل الرئيسية التى تتحكم فيهما واحدة تقريبا وأنه لايوجد أى حد فاصل بين الدور الذى يلعبه أحدهما والدور الذى يلعبه الآخر فقد اقترح ثورنثويت معالجتهما كعنصر واحد وتحديد الأثر العام لهما معا بدلا من محاولة تحديد كل منهما على حدة ، خصوصا وأن هذا الأثر العام هو الذى يحدد فعلا المقدار الكلى لما يضيع من المياه ، ويحدد بالتالى القيمة الفعلية لها .

وقد كانت الفكرة الأولى هى البحث عن طريقة لتقدير أو قياس كمية ما يضيع فعلا بواسطة التبخر الكلى ، ولكن ثورنثويت رأى أنه لايكفى أن تعرف كمية المياه التى تضيع من المنطقة فعلا بالتبخر الكلى ، بل يجب كذلك معرفة الكمية التى يمكن أن تضيع بنفس الطريقة لو فرض وأصبحت المنطقة وفيرة المياه بدرجة تبقى معها التربة مبللة باستمرار ومكسوة فى نفس الوقت بغطاء نباتى متصل . وقد أطلق ثورنثويت على التبخر الكلى فى هذه الحالة تعبير Potential Evapotranspiration الذى سنسميه « التبخر الكلى الأقصى » .

وقد اصبحت دراسة التبخر الكلى الفعلى والأقصى من الدراسات الأساسية فى معظم مشروعات التنمية التى تعتمد بصفة أساسية على المياه مثل مشروعات استخدام الأرض للزراعة . وفضلا عن ذلك فقد أمكن الاستعانة بها فى التنبوء باحتمالات حدوث الفيضانات أو حالات القحط فى بعض مناطق العالم ،

(١) - Thornthwaite C. W., "An Approach Towards a Ritional Classification of Climate ," Geographical Review, vol. 38. pp. 55- 94 1948

وراجع الحدود التى اقترحها ثورنثويت للاقاليم النباتية.

وكذلك فى دراسة نظام تصريف المياه والميزانية المائية فى بعض أحواض الأنهار .

وهناك وسيلتان لمعرفة كمية المياه التى تضيع فعلا بالتبخر الكلى أو « بالتبخر الكلى الأقصى » إحداهما هى التقدير الرياضى المبنى على دراسة معاملات الارتباط بين التبخر الكلى من جهة والعوامل التى تتحكم فيه وأهمها درجة الحرارة والإشعاع الشمسى من جهة أخرى . وقد اقترحت لهذا الغرض بعض المعادلات إلا أن دراستها لاتدخل فى مجال دراستنا الحالية . أما الوسيلة الثانية لمعرفة التبخر الكلى فهى طريقة القياس بواسطة الأجهزة التى اقترحت لهذا الغرض . وتعرف الأجهزة التى تستخدم لقياس التبخر الكلى الفعلى ، باسم ليزيمترات "Lysimeters" ، أما الأجهزة التى تستخدم لقياس التبخر الكلى الأقصى فتعرف باسم "Evapotranspirometers" .

ويلاحظ أن قياس « التبخر الكلى الأقصى » أيسر إلى حد ما من قياس « التبخر الكلى الفعلى » ، لأن قياس « التبخر الكلى الفعلى » تتدخل فيه ظروف طبيعية لايمكن التحكم فيها ومنها ظروف المناخ وظروف التربة والنبات ، أما قياس « التبخر الكلى الأقصى » فيمكن إجراؤه فى ظروف صناعية يمكن التحكم فيها ، ومن الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض مثلا جهاز مكون من ثلاثة أحواض يملأ اثنان منها بتربة مغطاة تماما بالحشائش وموصلان من أسفل بأنابيب تنتهى فى صفائح محفوظة فى الحوض الثالث . وفائدة الأنابيب والصفائح هى تجميع المياه التى تتسرب خلال التربة . وطريقة استخدام هذا الجهاز هى أن ترش المياه بسرعة معينة فوق سطح التربة بحيث تبقى دائما مغطاة بالماء إلى ارتفاع ثابت . فالذى يحدث فى هذه الحالة هو أن بعض المياه تنطلق إلى الجو بالتبخر والنتح أما الباقى فيتسرب فى التربة ويتجمع فى الصفائح . وتستخرج كمية المياه التى ضاعت بالتبخر والنتح فى مدة معينة بطرح كمية المياه التى تجمعت فى الصفائح من الكمية الكلية التى أضيفت إلى التربة ، ويدل الناتج على كمية « التبخر الكلى الأقصى » من هذه التربة ، ومن أى مساحة مماثلة من التربة فى نفس الظروف .

٨ ــ ٥ ــ رطوبة الهواء

HUMIDITY OF THE AIR —

٨ ــ ٥ ــ ١ ــ طرق التعبير عنها :

ويمكن التعبير عن رطوبة الهواء بعدة طرق لكل منها مصطلح خاص بها ، وأهمها :

١ ــ الرطوبة المطلقة Absolute humidity ، وهى وزن بخار الماء الموجود فى متر مكعب من الهواء بالجرامات ، ويمكن حسابها بتمرير كمية معينة من هذا الهواء فى مادة كيميائية يمكنها امتصاص كل مابه من بخار . ويدل الفرق بين وزن هذه المادة قبل تمرير الهواء وبعده على وزن بخار الماء الذى كان عالقا به .

٢ ــ الرطوبة النوعية Specific humidity ، وهى النسبة بين وزن بخار الماء الموجود فى حجم معين من الهواء إلى الوزن الكلى لهذا الهواء ، فإذا كان وزن هذا الهواء كيلوجراما واحدا وكان وزن بخار الماء الموجود به ١٥ جراما فان رطوبته النوعية تكون ١٥ جراما فى كل كيلوجرام (١٥ جم / كجم) .

٣ ــ ضغط بخار الماء Vapour Pressure ، وهو الضغط الذى يسببه بخار الماء الموجود فى الجو ، وهو ضغط جزئى لايدخل فيه ضغط الهواء الجاف أو ضغط أى غاز آخر من الغازات التى تدخل فى تركيب الهواء . وهو يقاس بنفس الوحدات التى يقاس بها الضغط الجوى . وهى المليبار والبوصة الزئبقية أو السنتيمتر الزئبقى . ويبلغ ضغط بخار الماء أقصاه عندما يكون الهواء مشبعا تماما به .

٤ ــ الرطوبة النسبية Relative humidity ، وهى التى تهمنا بصفة خاصة فى دراسة المناخ ، والمقصود بها هو النسبة المئوية لوزن بخار الماء الموجود فى

الهواء إلى ورن مايستطيع نفس هذا الهواء أن يحمله لكي يصل إلى حالة التشبع وهو فى نفس درجة الحرارة .

ويلاحظ أن مقدرة الهواء على حمل بخار الماء تتناسب تناسبا طرديا مع درجة حرارته بمعنى أنه كلما ارتفعت درجة حرارته زادت مقدرته على حمل مقادير جديدة من بخار الماء .

٥ ــ درجة الندى Dew Point : وهى الدرجة الحرارية التى يصبح عندها الهواء عاجزا عن حمل كل مابه من بخار الماء فيبدأ بعضه فى التكثف بأية صورة من صور التكثف المعروفه، ومنها السحب والأمطار والضباب والندى والثلج . وهذه الدرجة لاتختلف كثيرا عن الدرجة التى يصبح عندها الهواء مشبعا تماما بالبخار .

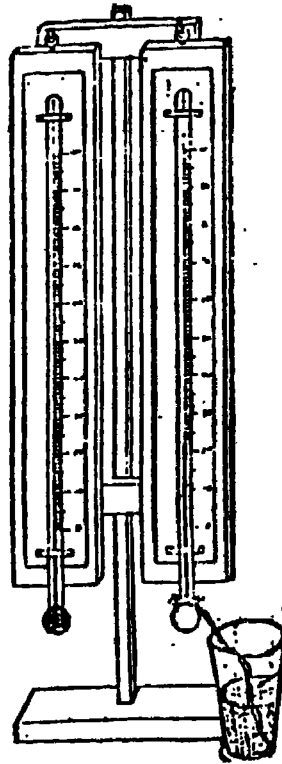
ومن الواضح أن الانخفاض الحرارى الذى يلزم لتوصيل الهواء إلى درجة الندى يتوقف إلى حد كبير على رطوبته النسبية ، فكلما كانت هذه الرطوبة مرتفعة كان الانخفاض الحرارى اللازم لتوصيله إلى درجة الندى بسيطا . ومن الممكن أن تحسب درجة الندى للهواء بتجربة بسيطة وذلك بأن نضع كمية من الماء فى كوب من النحاس الأملس الرقيق ، ففى هذه الحالة ستكون درجة حرارة الكوب هى نفس درجة حرارة الماء . فلو أضفنا إلى الماء تدريجيا بعض قطع الثلج مع تقليبها باستمرار سنلاحظ أن جزيئات دقيقة من بخار الماء المتكثف من الجو قد بدات تتراكم على الجدار الخارجى للكوب وتكسوه بطبقة تشبه الضباب ، فلو قيست درجة حرارة الماء فى الكوب عند بدء تكون هذه الطبقة فانها تكون هى نفس درجة الندى .

٨ ــ ٥ ــ ٢ قياس الرطوبة النسبية : .

تقاس الرطوبة النسبية بواسطة عدة أجهزة أهمها :

١) السيكرومتر Psychroneter ، ٢) الهيجرومتر ذو الشعر Hair hygrometer ، ٣) الهيجروجراف Hygrograph

السيكرومتر (شكل ٤٧) : يتركب هذا الجهاز من ترمومترين عاديين مركبين على قاعدة خاصة ، ولكن أحدهما معرض للجو مباشرة ويطلق عليه اسم « الترمومتر الجاف » أما الآخر فتلف فقاعته بواسطة قطعة قماش رقيقة مبللة باستمرار ، ولذلك فانه يسمى « الترمومتر المبلل » ، فالذى يحدث فى هذه الحالة هو أن الماء يتبخر من قطعة القماش فينتج عن ذلك انخفاض فى درجة الحرارة التى يبينها هذا الترمومتر ، لأن التبخر ، كما هو معروف ، يستنفد بعض الحرارة . ولما كان من الثابت أن التبخر يكون أنشط فى الجو الجاف منه فى الجو الرطب وأن سرعة التبخر تتناقص كلما زادت الرطوبة النسبية فان الفرق بين درجتى الحرارة اللتين بينهما الترمومتران يمكن أن يتخذ أساسا لتقدير الرطوبة النسبية ، وقد أعدت لهذا الغرض جداول خاصة مثل الجدول رقم (٩) ومنها تقرأ الرطوبة النسبية بمقابلة قراءتى الترمومترين . ولكن هذا الجهاز له



شكل (٤٧) السيكرومتر (الترمومتر الجاف والتومتر المبلل)

جدول (٩) حساب الرطوبة النسبية من قراءات الترمومتر الجاف والترمومتر المبلل بالدرجات المئوية

المبلل / الجاف	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥	٣٦	٣٧	٣٨	٣٩	٤٠	٤١
٥	١٠٠	٨٥	٧١	٥٩	٤٨	٣٩	٣٠	٢٢	١٦	١٠	٣																										
٦		١٠٠	٨٥	٧٢	٦١	٥٠	٤١	٣٣	٢٥	١٨	١٨	٩	٧																								
٧			١٠٠	٨٦	٧٣	٦٢	٥٢	٤٣	٣٥	٢٨	٢١	١٥	١٠	٥	١																						
٨				١٠٠	٨٧	٧٤	٦٣	٥٤	٤٥	٣٧	٣٠	٢١	١٨	١٣	٩	٤	صفر																				
٩					١٠٠	٨٧	٧٥	٦٥	٥٥	٤٧	٣٩	٣٢	٢٦	٢٠	١٦	١١	٧	٣																			
١٠						١٠٠	٨٧	٧٦	٦٦	٥٧	٤٩	٤١	٣٤	٢٨	٢٣	١٨	١٤	١٠	٦	٣																	
١١							١٠٠	٨٨	٧٧	٦٧	٥٨	٥٠	٤٣	٣٦	٣٠	٢٥	٢٠	١٦	١٢	٨	٥	١															
١٢								١٠٠	٨٨	٧٨	٦٨	٥٩	٥٣	٤٤	٣٨	٣١	٢٧	٢٢	١٨	١٥	١١	٨	٥	١	صفر												
١٣									١٠٠	٩٠	٧٨	٦٩	٦١	٥٣	٤٦	٤٠	٣٤	٢٩	٢٥	٢٠	١٦	١٣	١١	٧	٥	٢	صفر										
١٤										١٠٠	٨٩	٧٩	٧٠	٦٢	٥٤	٤٧	٤١	٣٦	٣١	٢٦	٢٢	١٩	١٥	١٠	٩	٧	٥	٢	١								
١٥											١٠٠	٨٥	٨٠	٧١	٦٣	٥٥	٤٩	٤٣	٣٨	٣٣	٢٨	٢٤	٢٠	١٧	١٤	١١	٩	٦	٤	٣	١						
١٦												١٠٠	٩٠	٨٠	٧٢	٦٤	٥٧	٥٠	٤٤	٣٩	٣٤	٣٠	٢٦	٢٢	١٩	١٦	١٣	١١	٨	٦	٥	٣	٣	صفر			
١٧													١٠٠	٩٠	٨١	٧٣	٦٥	٥٨	٥٢	٤٦	٤٠	٣٦	٣١	٢٧	٢٤	٢١	١٧	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٥	٢	٣	١	
١٨														١٠٠	٩٠	٨١	٧٤	٦٦	٥٩	٥٣	٤٧	٤٢	٣٧	٣٣	٢٩	٢٥	٢٢	١٩	١٦	١٣	١٢	١٠	٨	٦	٥	٤	٢
١٩															١٠٠	٩١	٨٢	٧٤	٦٦	٦٠	٥٤	٤٨	٤٣	٣٩	٣٤	٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٣	١١	١٠	٨	٦	٥
٢٠																١٠٠	٩١	٨٣	٧٤	٦٧	٦١	٥٥	٤٩	٤٤	٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٥	٢٢	١٩	١٧	١٤	١٣	١١	٩	٨
٢١																	١٠٠	٩١	٨٣	٧٥	٦٨	٦١	٥٦	٥١	٤٦	٤١	٣٧	٣٣	٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٦	١٤	١٢	١١
٢٢																		١٠٠	٩١	٨٣	٧٦	٦٩	٦٣	٥٧	٥٢	٤٧	٤٣	٣٨	٣٤	٣١	٢٨	٢٥	٢٢	١٩	١٧	١٥	١٤
٢٣																			١٠٠	٩١	٨٤	٧٦	٦٩	٦٣	٥٨	٥٣	٤٨	٤٣	٣٩	٣٦	٣٢	٢٩	٢٦	٢٣	٢١	١٨	١٧
٢٤																				١٠٠	٩٢	٨٤	٧٧	٧٠	٦٤	٥٩	٥٣	٤٩	٤٤	٤٠	٣٧	٣٣	٣٠	٢٧	٢٤	٢٢	٢٠
٢٥																					١٠٠	٩٢	٨٤	٧٧	٧١	٦٥	٥٩	٥٤	٥٠	٤٥	٤٧	٣٨	٣٥	٣١	٢٨	٢٥	٢٤
٢٦																						١٠٠	٩٢	٨٥	٧٨	٧١	٦٥	٦٠	٥٥	٥١	٤٦	٤٣	٣٩	٣٦	٣٣	٣٠	٢٧
٢٧																							١٠٠	٩٢	٨٥	٧٨	٧٢	٦٦	٦١	٥٦	٥١	٤٧	٤٣	٤٠	٣٧	٣٤	٣١
٢٨																								١٠٠	٩٢	٨٥	٧٩	٧٢	٦٧	٦٢	٥٧	٥٢	٤٨	٤٤	٤١	٣٨	٣٥
٢٩																									١٠٠	٩٢	٨٦	٧٩	٧٣	٦٨	٦٣	٥٨	٥٣	٤٩	٤٥	٤٢	٣٩
٣٠																										١٠٠	٩٣	٨٦	٧٩	٧٤	٦٨	٦٣	٥٨	٥٤	٥٠	٤٦	٤٣
٣١																											١٠٠	٩٣	٨٦	٨٠	٧٤	٦٩	٦٤	٥٩	٥٥	٥١	٤٧
٣٢																												١٠٠	٩٣	٨٦	٨٠	٧٤	٦٩	٦٤	٦٠	٥٥	٥٢
٣٣																													١٠٠	٩٣	٨٧	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥	٦٠	٥٦
٣٤																														١٠٠	٩٣	٨٧	٨١	٧٥	٧٠	٦٥	٦١
٣٥																															١٠٠	٩٣	٨٧	٨١	٧٦	٧١	٦٦

بعض العيوب ومنها أنه لايصلح لقياس الرطوبة النسبية إذا كانت درجة الحرارة أقل من درجة التجمد ، لأن الثلج فى هذه الحالة يتراكم فوق فقاعتى الترمومترين .

ولقد ابتكر من السيكرومتر نوع كهربائى يمكن أن تنقل قراءته إليكترونيا إلى أى مكان داخل مبنى محطة الرصد ، دون الحاجة إلى الخروج إلى الخلاء لقراءته ، ولهذا السبب فقد اعطى اسم « تيلى سيكرومتر Telepsychroneter » .

الهيجرومتر ذو الشعر : وهو جهاز تقوم فكرته على أساس مقدار مايطرأ على حزمة من شعر الإنسان من تمدد أو تقلص تبعا لتغير نسبة الرطوبة فى الهواء . فالمعروف أن شعر الإنسان يتقلص فى الهواء الجاف ويتمدد كلما زادت الرطوبة ، ولذلك فإن الجزء المهم فى هذا الجهاز هو حزمة مكونة من عدة خصلات من الشعر ، ومثبت فى هذه الحزمة سن ريشة يتحرك أمام مسطرة مقسمة إلى مائة قسم من صفر إلى ١٠٠ ، فعندما تتغير نسبة الرطوبة يتحرك سن الريشة تبعا تمدد حزمة الشعر أو تقلصها ، ويدل الرقم الذى يثبت أمامه على الرطوبة النسبية . ومن عيوب هذا الجهاز أن تأثير تغير الرطوبة على حزمة الشعر لايحدث فى نفس اللحظة التى يحدث فيها هذا التغير فى الهواء بل يتخلف عنه قليلا ، وهى مسألة يجب تقديرها .

الهيجروجراف : يعتمد هذا الجهاز على نفس الفكرة التى يعتمد عليها الهيجرومتر ذو الشعر . وأهم فرق بينهما هو أن الهيجروجراف يسجل التغيرات التى تطرأ على الرطوبة النسبية تسجيلا آليا مستمرا على خريطة مقسمة تقسيما خاصا . وتثبت هذه الخريطة على أسطوانة تدور بواسطة ساعة أمام سن ريشة ، كما هى الحال فى الترموجراف والباروجراف .

٨ ــ ٥ ــ ٣ ــ أهمية الرطوبة النسبية :

من الواضح أن كمية الرطوبة فى الهواء تتوقف قبل كل شىء على وجود مصادر مائية يمكن أن ينطلق منها بخار الماء ، وأهم هذه المصادر هى المحيطات

والبحار وغيرها من المسطحات المائية والتربة المبللة والغطاءات النباتية . فكلما زادت مساحة هذه المصادر زادت كمية البخار فى الهواء ، وزادت تبعا لذلك مظاهر التكثف ، ومن الطبيعى أن ترتفع الرطوبة النسبية كلما اقترب المكان من ساحل البحر وأن تكون مرتفعة بصفة خاصة فى الجزر الصغيرة .

وبالإضافة إلى أهمية الرطوبة النسبية كعنصر مناخى فان لها كذلك آثارا فسيولوجية على كل الكائنات الحية التى تعيش على الأرض . فكل كائن حى برى يحتاج إلى وجود نسبة ولو ضئيلة من بخار الماء فى الجو الذى يعيش فيه . وتتباين هذه النسبة تباينا كبيرا من كائن إلى آخر . ومع ذلك فان معظم الكائنات يمكنها أن تقاوم نقص الرطوبة فى الجو بواسطة بعض الوظائف الفسيولوجية ، ومن أهمها إفراز العرق الذى يعمل على ترطيب الجلد فى الجو الجاف ، وخصوصا إذا كان هذا الجو حارا ، حيث أن نقص رطوبة الهواء فى مثل هذا الجو عن الحد المطلوب يؤدى إلى جفاف الجلد وشعور الإنسان بالضيق . أما فى الجو البارد فان قدرة الجلد على إفراز العرق تكون محدودة جدا بسبب تقلص مسامه ، وفى مثل هذا الجو يتعرض جلد الوجه والأيدى والأجزاء الاخرى المكشوفة إلى التقشف أو التشقق .

ومن الثابت أن قدرة الانسان على تحمل الارتفاع فى درجة الحرارة يرتبط ارتباطا وثيقا برطوبة الهواء . ويطلق على درجة الحرارة التى يحس بها الإنسان فعلا تعبير « درجة الحرارة المحسوسة Sensible temperature » ففى الجو الحار يلجأ الجسم إلى مقاومة الحرارة الشديدة عن طريق إفراز العرق الذى يؤدى تبخره على الجلد إلى خفض درجة الحرارة التى يحس بها الجسم فعلا عن درجة حرارة الجو . وكلما زاد إفراز العرق زاد الفرق بين الحرارة المحسوسة وحرارة الجو . ولما كانت قدرة الجسم على إفراز العرق تتناقص كلما ارتفعت الرطوبة النسبية فمن الطبيعى أن يؤدى هذا الارتفاع أيضا إلى ارتفاع الحرارة المحسوسة وإلى زيادة الشعور بالضيق .

٩

التكثف ومظاهره

تمهيد ــ تعريف التكثف ومسبباته ومظاهره .

٩ ــ ١ ــ مظاهر التكثف عند سطح الأرض أو البحر .

٩ ــ ١ ــ ١ ــ الضباب .

٩ ــ ١ ــ ٢ ــ الندى .

٩ ــ ١ ــ ٣ ــ الصقيع .

٩ ــ ٢ ــ مظاهر التكثف فى المستويات المرتفعة .

٩ ــ ٢ ــ ١ ــ السحب .

٩ ــ ٣ ــ التساقط (المطر) .

تمهيد ــ تعريف التساقط وأشكاله .

٩ ــ ٣ ــ ١ ــ أنواع المطر .

ــ عواصف الرعد

ــ التساقط الصلب .

٩ ــ ٣ ــ ٢ ــ قياس التساقط .

ــ مشكلات قياس المطر (التساقط السائل) .

ــ مشكلات قياس التساقط الصلب .

٩ ــ ٣ ــ ٣ ــ استكمال النقص فى إحصاءات المطر .

٩ ــ ٣ ــ ٤ ــ التباين فى كميات المطر السنوية والشهرية .

٩ ــ ٣ ــ ٥ ــ حساب كمية مياه المطر على أى منطقة .

٩ ــ ٣ ــ ٦ ــ نظم المطر .

٩ ــ ٣ ــ ٧ ــ توزيع الأمطار على سطح اليابس .

٩

التكثف ومظاهره

تمهيد ــ تعريف التكثف ومسبباته ومظاهره :

التكثف هو تحول البخار من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة أو شبه السائلة ، وهو يبدأ في الهواء بمجرد انخفاض درجة حرارته إلى درجة الندى ومادونها . وتساهم في حدوثه عدة عوامل أهمها : فقدان الهواء لحرارته بالإشعاع ، أو ملامسته لسطح بارد ، أو انتقاله من منطقة دافئة إلى أخرى باردة ، أو ارتفاعه إلى أعلى نتيجة لتسخينه عند سطح الأرض أو لصعوده فوق حافات جبلية أو لصعوده فوق هواء أبرد منه[1] .

وتنقسم مظاهر تكثف بخار ماء الجو إلى مجموعتين هما :[2]

أ ــ مظاهر تحدث عند سطح الأرض أو البحر، وتشمل الضباب بدرجاته المختلفة والندى والصقيع .

ب ــ مظاهر تحدث فى أعلى التروبوسفير وتشمل السحاب والتساقط بمختلف أشكاله .

ويختلف الشكل الذى يأخذه بخار الماء المتكثف على حسب مدى انخفاض درجة الحرارة ، وعلى حسب المستوى الذى يحدث فيه التكثف ، وهو يأخذ أحد الأشكال الآتية :

١ ــ شكل قطيرات مائية دقيقة تظل عالقة بالهواء ويتكون منها الضباب عند سطح الأرض والسحاب فى المستويات الأعلى .

٢ ــ شكل نقط مائية مختلفة الأحجام يتكون منها المطر ، والندى .

٣ ــ مواد ثلجية صلبة منها البرد والثلج اللذان يتكونان فى المستويات المرتفعة ، والصقيع الذى يتكون عند سطح الأرض .

---

(١) عبد العزيز طريح ــ المقدمات فى الجغرافيا الطبيعية ــ الاسكندرية صـ ٢٣٤ ــ ٣٥

(٢) نفس المرجع صـ ٢٣٥ ــ ٢٣٩

٩ ــ ١ ــ مظاهر التكثف عند سطح الأرض أو البحر :

٩ ــ ١ ــ ١ ــ الضباب :

وهو بخار الماء المتكثف فى الهواء المجاور لسطح الأرض أو البحر بشكل قطيرات دقيقة تظل سابحة فى الهواء بكميات يترتب عليها تقليل مدى الرؤية Visibility إلى أقل من كيلومتر ، وقد يكون الضباب خفيفا بحيث يسمح بالرؤية إلى بضعة كيلومترات ، ويطلق عليه فى هذه الحالة اسم « الشابورة » أو كثيفا بحيث تنعدم فيه الرؤية تماما .

ويتكون الضباب على البر وعلى البحر على حد سواء حيثما تتوفر عوامل تكونه ، فضباب البر يتكون عندما ينتقل هواء دافىء رطب إلى منطقة سطحها بارد ، أو عندما يؤدى الإشعاع الأرضى ، وخصوصا أثناء الليل وفى الصباح الباكر إلى برودة سطح الأرض والهواء المجاور له ، أو فى قاع الأودية التى يتجمع فيها الهواء البارد المنحدر من المرتفعات المجاورة . وفى كل الأحوال يجب أن يكون الهواء ساكنا حتى لايتشتت الضباب أثناء تكونه أو بعد تكونه .

ويضم ضباب البر عدة أنواع على حسب الأماكن التى يتكون فيها ، فمنه ضباب الأودية وضباب المنحدرات الجبلية وضباب المدن .

ويعتبر ضباب المدن بالذات من أشهر أنواع الضباب التى لها علاقة بحياة السكان لما يترتب عليه من مخاطر على وسائل النقل والمواصلات وعلى الصحة العامة ، وهو يتكون نتيجة لفقدان سطح الأرض حول المدن الكبيرة لحرارته بالإشعاع مما يؤدى إلى برودة الهواء المجاور له وتكثف بخار الماء العالق به ، وتساعد كثرة الغبار وغيره من الملوثات الصلبة فى جو بعض المدن وخصوصا المدن الصناعية على تكون الضباب الذى يكون مختلطا فى بعض الأحيان بالدخان ، ويطلق عليه فى هذه الحالة اسم الضباب الدخانى Smog* . وقد اشتهرت بعض المدن

* Smog ــ كلمة مكونة من مقطعين مأخوذين من كلمتى Smoke و Fog

الكبرى بهذا النوع من الضباب ، وكانت له فى بعض الأحيان آثار سيئة جدا على صحة السكان ، ومثال ذلك الضباب الدخانى الذى غطى مدينة لندن فى عام ١٩٥٢ وأدى إلى وفاة حوالى أربعة آلاف من السكان . وذلك لأن مثل هذا الضباب يكون عادة مختلطا ببعض الغازات السامة التى تخرج من مداخن المصانع مثل أول أوكسيد الكربون وثانى أوكسيد الكربون وثانى أوكسيد الكبريت وغيرها .

أما ضباب البحر فيتكون عادة حينما يلتقى تياران أحدهما بارد والآخر دافىء كما يحدث عند التقاء تيار لبرادور البارد بتيار الخليج الدافى عند شبه جزيرة نيوفوندلاند ، أو عند هبوب هواء بحرى دافى من داخل المحيط فوق مياه ساحلية باردة نسبيا[1] ، كما هى الحال أمام سواحل جنوب غربى أفريقيا، وشيلى وبيرو ومراكش وكاليفورنيا .

٩ ــ ١ ــ ٢ الندى :

وهو قطرات الماء التى تتكون أثناء الليل وفى الصباح الباكر على أوراق الأشجار وزجاج النوافذ وأجسام السيارات نتيجة لتكثف بخار ماء الهواء عليها ، بسبب سرعة فقدان هذه الأجسام لحرارتها بالإشعاع ، وكلما كان الجو صافيا والهواء ساكنا ساعد ذلك على تكون الضباب ، ويشترط لتكونه أن تنخفض درجة حرارة الأجسام المعرضة للجو إلى أقل من درجة الندى .

٩ ــ ١ ــ ٣ ــ الصقيع :

المقصود بالصقيع بمعناه الدقيق هو تحول بخار ماء الهواء من الحالة الغازية إلى بلورات ثلجية على النباتات والأجسام الأخرى المختلفة نتيجة لهبوط درجة الحرارة بشكل مفاجىء ، أو سريع إلى درجة التجمد أو دونها . وكثيرا مايؤدى الهبوط الحرارى المفاجىء إلى تحول بخار الماء إلى ثلج مباشرة ، وفى هذه الحالة يكون خطر الصقيع على النباتات أشد من خطره المعتاد .

(١) عبد العزيز طريح شرف : المقدمات فى الجغرافيا الطبيعية ــ مرجع سبق ذكره ــ ص ص ٣٣٦ ــ ٣٣٧

ولكن يلاحظ أن كلمة « صقيع » تستخدم أحيانا فى الوقت الحاضر للدلالة على أى انخفاض مفاجيء أو سريع فى درجة حرارة الهواء إلى درجة التجمد ، حتى ولو لم يؤد هذا الهبوط إلى تكون الثلج .

٩ ـ ٢ ـ مظاهر التكثف فى مستويات مرتفعة عن سطح الأرض أو البحر

٩ ـ ٢ ـ ١ ـ السحب CLOUDS

هى تجمعات من بخار الماء المتكثف فى الجو بشكل قطيرات مائية دقيقة ، وقد تختلط بها جزيئات دقيقة كذلك من الثلج إذا كانت درجة الحرارة فى مستوى السحب دون درجة التجمد . وقد تكون السحابة كلها مكونة من هذه الجزيئات الثلجية .

ولاتختلف السحب المكونة من قطيرات مائية فى مظهرها وتركيبها العام كثيرا عن الضباب ، والفارق الرئيسى بينهما هو أن السحاب يتكون فى طبقات من الجو متباينة الارتفاع عن سطح الأرض ، بينما يتكون الضباب فوق سطح الأرض أو البحر مباشرة . والذى يتيسر له الصعود فى طائرة تخترق طبقة السحاب يلاحظ أن السير فيها لايختلف فى أى شيء عن السير فى الضباب على الأرض ، وكثيرا ماترتفع الطائرات فوق مستوى السحب فتطير فى جو صاف تماما وعندئذ يمكن رؤية السحب تسبح فى الهواء من تحتها .

ومن أهم مايتميز به السحاب عن الضباب أيضا ، أن الأول يتكون فى كثير من الأحيان نتيجة لنشاط التيارات الهوائية الصاعدة فى الجو ، وقد سبق أن أشرنا عند الكلام على الضباب إلى أن التيارات الصاعدة تعتبر من العوامل التى تحول دون تراكمه ، وإذا حدث أن نشطت هذه التيارات بعد تكونه ، فإنها إما أن تبدده تماما ، أو ترفعه إلى أعلى حيث يتحول إلى سحاب .

وللسحب تأثير مهم على المناخ ، لأنها هى مصدر الأمطار والثلوج التى

تسقط نحو الأرض، كما أنها تؤثر على الاشعاع الشمسى والأرضى وتحدد مقدار ماينفذ بواسطتهما من حرارة الشمس إلى الأرض أو من حرارة الأرض إلى الطبقات العليا من الجو ، فهى أثناء النهار تحجب جانبا من حرارة الشمس عما يقع تحت ظلها من سطح الأرض ، أما أثناء الليل فانها تكون بمثابة غطاء يحول دون وصول الإشعاع الأرضى إلى طبقات الجو العليا ، فتحتفظ الأرض وطبقات الهواء المحصورة بينها وبين قاعدة السحب بمعظم حرارتها .

وللسحب كذلك تأثير هام على حياة النبات والحيوان والإنسان ، لأنها تحجب ضوء الشمس الذى يعتبر ضرورة من أهم ضرورات الحياة ، ففى بعض جهات شمال وغرب أوروبا مثلا تنتشر بعض الأمراض التى يصاب بها الانسان نتيجة لنقص أشعة الشمس ، ومنها مرض الكساح عند الاطفال (لين العظام) ، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى كثرة احتجاب الشمس بواسطة السحب فى معظم أيام السنة ، خصوصا فى نصف السنة الشتوى . ويستعان على تعويض هذا النقص بتعاطى بعض الأدوية التى تحتوى على فيتامين (D) الذى تساعد أشعة الشمس على تكوينه فى الجسم * وبالنسبة لحياة النباتات نلاحظ أن كثرة ضوء الشمس فى بعض المناطق تساعد على سرعة نمو ونضج بعض المحاصيل ، فمما لاشك فيه أن وفرة ضوء الشمس أثناء فصل الصيف فى العروض العليا هى العامل الرئيسى الذى ساعد كلا من كندا وروسيا على زراعة بعض محاصيل المناطق المعتدلة فى أراضيهما الواقعة إلى الشمال من الدائرة القطبية ، على الرغم من قصر فصل النمو هناك ، وسنعود مرة أخرى لتوضيح هذه الحقيقة عند الكلام على القيمة الفعلية لدرجة الحرارة فى باب الجغرافيا النباتية .

توزيع السحب فى العالم :

من الممكن توزيع السحب فى العالم بواسطة خرائط تبين عليها المعدلات الشهرية والسنوية كما هى الحال فى توزيع الظاهرات المناخية الأخرى ، ويكون

* يعتبر زيت السمك من أشهر هذه الأدوية لأنه يحتوى على نسبة عالية من فيتامين د (D)

ذلك برسم خطوط تصل بين الأماكن ذات الكمية المتساوية من السحب ،

ومن خرائط التوزيعات المختلفة يمكننا أن نسجل بعض الملاحظات العامة على توزيع السحب فوق سطح الكرة الأرضية منها :

١ ــ أن المناطق الصحراوية فى القارات المختلفة ، مثل الصحراء الكبرى وصحارى بلاد العرب واستراليا وغيرها هى أقل جهات العالم نصيبا من السحب .

٢ ــ أن أكثر الجهات سحبا فى نصف الكرة الشمالى هى شمال أوروبا وشمال المحيطين الهادى والأطلسى .

٣ ــ تقل السحب نوعا ما فى المناطق القطبية ، والسحب التى يمكن أن تظهر هنا كلها من النوع الخفيف نظرا لقلة بخار الماء فى الجو ، ويعتبر هذا من العوامل التى ساعدت على وفرة ضوء الشمس أثناء فصل الصيف فى هذه المناطق .

٤ ــ فى الأقاليم الموسمية تكثر السحب فى موسم الأمطار ولكنها تكاد تنعدم تماما فى موسم الجفاف الذى يقع فى نصف السنة الشتوى .

٥ ــ فى وسط أوروبا تكثر السحب فى فصل الصيف وتقل فى الشتاء ، بينما يحدث العكس فى حوض البحر المتوسط .

٦ ــ تكثر السحب فى الأقاليم الاستوائية ، ويكون ذلك غالبا فيما بعد الظهر من كل يوم نتيجة لنشاط التيارات الصاعدة .

٧ ــ أن السحب تزداد على البحار والمحيطات عنها فوق اليابس .

ويمكننا أن نلاحظ بناء على التوزيع السابق ، أن موسم ازدياد السحب فى الأقطار المختلفة هو نفس موسم زيادة الأمطار ، وهذا أمر طبيعى لأن الظاهرتين مرتبطتان تمام الارتباط .

انواع السحب : تظهر السحب بأشكال متعدده يختلف بعضها عن بعض فى المظهر العام والسمك وطريقة التكوين والارتفاع عن سطح الأرض، وفيما يصاحبها من مظاهر جوية . ولتسهيل دراستها ورصدها فإنها تقسم عادة على أساس مظهرها العام إلى عشرة أنواع متفق عليها دوليا ، وتقسم هذه الأنواع على حسب الارتفاع إلى أربع مجموعات رئيسية . ولكن يلاحظ مع ذلك أنه لاتوجد حدود دقيقة واضحة يمكن أن تفصل الأنواع بعضها عن بعض سواء فى الشكل أو الارتفاع ، وكثيرا مايظهر نوعان أو أكثر مع بعضهما فى وقت واحد ، مما يجعل من الصعب على الشخص العادى غير المدرب أن يميزها عن بعضها .

وفيما يلى وصف مختصر لكل نوع من الأنواع العشرة المذكورة فى الجدول (١٠) للمعاونة على تمييزها بصفة عامة عند مشاهدتها .

١ ــ سحب السمحاق : (شكل ٤٨) ــ وهى سحب مرتفعة مكونة من جزيئات صغيرة من الثلج ، وتظهر عادة بشكل خصلات رفيعة مكونة من الشعر ، أو بشكل أذناب الخيل أو الريش أو القطن المندوف . وهى أعلى أنواع السحب حيث يصل ارتفاعها أحيانا إلى عشرة كيلومترات أو أكثر ، وهى لاتحجب أشعة الشمس ولايظهر لها ظل على الأرض ، ومن صفاتها المميزة أن لونها يتغير على حسب موقعها فى قبة السماء ، وعلى حسب وقت ظهورها ، فمنها السحب الحمراء والوردية والصفراء التى تظهر فى الأفق عند الشروق وعند الغروب .

جدول (١٠) المجموعات والانواع الرئيسية للسحب

متوسط الارتفاع	السحب ورموزها[1]	المجموعة
يتراوح ارتفاعها بين ١٠ كيلومترات و ١٥ كيلومترا . ولكن هذا الارتفاع ليس واحدا فى جميع العروض ، فهو عند القطبين أقل بصفة عامة منه قرب خط الاستواء ، وتتكون غالبا من بلورات للجية .	١ ــ سمحاق (سيروس) Cl Cirrus ٢ ــ سمحاق ركامى (Cc) Cirroucumulus ٣ ــ سمحاق طبقى (Cc) Cirrostratus	(أ) مجموعة السحب العالية High Level Clouds
يتراوح ارتفاعها بين كيلومترين وثمانية كيلومترات	٤ ــ الركام متوسط الارتفاع Ac Altocumulus ٥ ــ الطبقة متوسط الارتفاع As Altostratus ٦ ــ المزن الطبقى Ns Nimbostratus	(ب) مجموعة السحب متوسطة الارتفاع Middle Level Clouds
يقل ارتفاعها عادة عن كيلومترين وقد يحدث أن تهبط قاعدتها لتصل إلى سطح الأرض فتظهر بشكل ضباب .	٧ ــ الركام الطبقى Sc Stratocumulus ٨ ــ الطبقى St Stratus	(ج) مجموعة السحب المنخفضة Low Level Clouds
. تظهر قاعدتها فى منطقة السحب المنخفضة وتمتد رأسيا إلى أعلى فتصل قمتها إلى منطقة السحب المتوسطة أو السحب العالية على حسب درجة نموها .	٩ ــ الركام Cb Cumulus ١٠ ــ المزن الركامى Cumulonimbus	(د) مجموعة السحب ذات النمو الرأسى Clouds with vertical level development

(١) الاسماء اللاتينية للسحب هى المستخدمة فى جميع الدول تقريبا وعند وضعها على خرائط الطقس يكتفى عادة بكتابة الحرفين الاولين منها ، وإذا كان الاسم مكونا من مقطعين فيكتب الحرف الاول من كل منهما ، فمثلا السمحاق أو السيروس رمزه « Cl » والسمحاق الطبقى رمزه « Cs » .

٢ ـ سحب السمحاق الركامى «Cc» ، وهى سحب عالية رفيعة وبيضاء متجانسة اللون تظهر بشكل طبقة مكونة من سحابات صغيرة تكاد تكون مرتبة بنظام يجعلها تبدو بشكل مموج ظاهر ، وقد تأخذ قاعدتها أشكالا ثديية ، وتتدلى منها أحيانا شعب أشبه بالذيول التى تتدلى فى الاتجاه الرأسى أو فى اتجاه مائل . ويصاحبها كذلك ظهور أكليل حول قرص الشمس ، وقد يظهر بعضها بمظاهر معينة عند الراصدين مثل سحب السمحاق الركامى ذات المظهر العدسى Lenticular .



شكل (٤٨) سحب السمحاق (سيروس)

٣ ــ سحب السمحاق الطبقى Cs' ــ وهى كذلك من السحب العالية ، وتظهر بشكل طبقة شفافة يميل لونها إلى البياض وتتغطى بها السماء كلها ، وإن كانت لاتحجب أشعة الشمس أو القمر تماما،ولكنها تكون حول قرصيهما هالة دائرية تنشأ نتيجة لانعكاس الضوء على جزيئات الثلج التى تتكون منها السحب ، وقد لاتكون هذه الهالة تامة الاستدارة إذا لم تكن المساحة المحتجبة بالسحب من قبة السماء تسمح بذلك . وقد تكون السحب نفسها رقيقة بدرجة يصعب معها تمييزها إلا بوجود الهالة حول قرص الشمس .

والأنواع الثلاثة السابقة من السحب لايصاحبها عادة هطول من أى نوع من الأنواع ، ولكن ظهورها فى العروض المعتدلة يمكن أن يتخذ دليلا على قرب اضطراب الجو ، لأنها تتكون عادة فى مقدمة المنخفضات الجوية .

٤ ــ سحب الركام متوسط الارتفاع « Ac » ، وهى سحب بيضاء أو رمادية اللون أو خليط منهما ، وقد تظهر بشكل طبقة رقيقة شفافة أو قاتمة ، أو بشكل سحابات صغيرة كروية أو اسطوانية تتشابك أطرافها أحيانا وتتكون منها صفوف أو تموجات تعطى السماء منظرا جميلا (شكل ٤٩) ــ وهى ليست من السحب التى يصاحبها هطول من أى نوع .

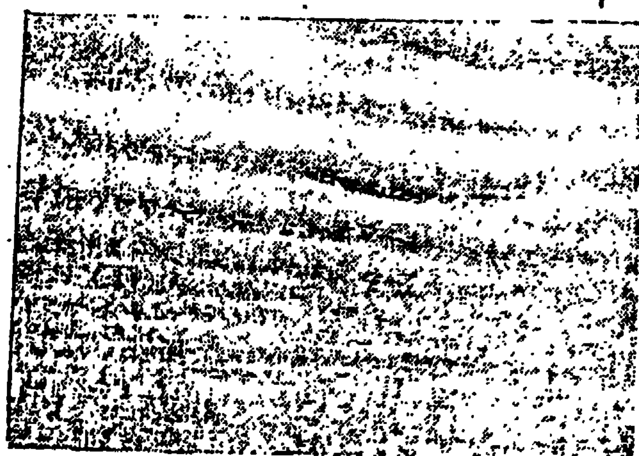


شكل (٤٩) سحب من النوع الركامى متوسط الارتفاع

ه ــ السحب الطبقية متوسطة الارتفاع "As" وهى تظهر بشكل طبقة مخططة تحجب السماء بأكملها أو الجزء الأكبر منها ، ويختلف سمكها باختلاف الظروف ، فمنها مايكون رقيقا شفافا لايحجب الشمس ، ومنها مايكون سميكا معتما ، والنوع السميك منها يصاحبه فى المعتاد هطول من المطر أو الثلج أو خليط منهما .

٦ ــ سحب المزن الطبقى "Ns" ــ وهى سحب رمادية وغالبا ماتكون قاتمة ، وتظهر بشكل طبقة متسعة تحجب الجزء الأكبر من السماء ، وهى أسمك بكثير من السحب الطبقية ، فبينما يكون أعلاها فى مستوى السحب العالية فإن قاعدتها تكون فى مستوى السحب المنخفضة . وهى من السحب التى يصاحبها هطول متصل أو متقطع سواء من المطر أو الثلج أو البرد .

٧ ــ سحب الركام الطبقى "Sc" ــ شكل (٥٠) ــ وهى سحب منخفضة تميل إلى اللون الرمادى ، وتظهر عادة بشكل رقعة أو طبقة مكونة من قطع مربعة أو كروية أو اسطوانية الشكل تكون مرتبة عادة فى صفوف أو فى مجموعات ذات شكل تموجى ، وكثيرا ماتتصل ببعضها لتتكون منها طبقة مموجة وتتخللها فجوات تبدو منها زرقة السماء واضحة . وهى ليست من السحب الممطرة إلا فى الحالات النادرة ، فقد يصاحبها هطول خفيف من المطر أو الثلج أو منهما معا .



شكل (٥٠) سحاب من النوع الركامى الطبقى

٨ ــ السحب الطبقية "St" وهى ، كما يفهم من اسمها تظهر بشكل طبقات تحجب السماء بأكملها ، ولاتوجد لها حدود واضحة ، ويمكن تشبيهها بالضباب المرتفع . وهى من السحب المنخفضة ، وقد تصل قاعدتها فى بعض الأحيان إلى سطح الأرض فتظهر بشكل ضباب . وقد يحدث أن تتكون من الضباب نفسه عندما يرتفع بتأثير حرارة الشمس أو الرياح أو كليهما ، وهى من السحب التى قد يصاحبها هطول خفيف من الرذاذ أو حبيبات الثلج ، ويكون الهطول عادة متصلا أو متقطعا ولايكون بصورة زخات .

وتنشأ هذه السحب بصفة عامة نتيجة لاختلاط أنواع من الهواء مختلفة فى درجة حرارتها ودرجة رطوبتها ، أو نتيجة لارتفاع الهواء ارتفاعا بطيئا إلى أعلى ، كما يحدث عند مرور الجبهات الدافئة للمنخفضات الجوية حيث يرتفع الهواء الدافىء فوق البارد على طول سطح الانفصال .

٩ ــ السحب الركامية « Cu » ، (شكل ٥١) ، وهى من السحب التى تنمو نموا رأسيا ، وتمتد قاعدتها فى منطقة السحب المنخفضة بينما تكون قمتها فى منطقة السحب المتوسطة الارتفاع أو العالية ، وهى تبدو فى مظهرها كالقباب أو القلاع أو التلال المتحركة ، ويكون لونها رماديا داكنا على حسب



شكل (٥١) سحب ركامى قبابى

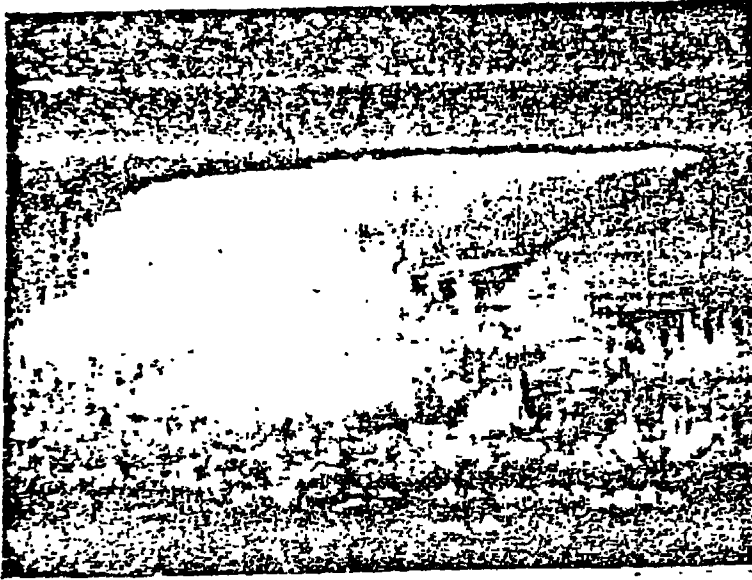
سمكها وكثافتها بينما تكون قمتها بيضاء لامعة بفعل ضوء الشمس ، وهي تتحرك في كتل منفصلة تمتد قاعدتها في مستوى أفقي بينما تكون أجزاؤها العليا غالبا منتظمة بحيث تبدو بشكل زهرة القنبيط . وهي تلقي عند تحركها ظلالا كثيفة على سطح الأرض ، ولايصاحبها غالبا هطول إلا عندما يكون نموها الرأسي كبيرا كما يحدث عادة في الأقاليم الاستوائية . حيث تكون التيارات الهوائية الصاعدة نشطة ، ويكون هذا الهطول بشكل زخات شديدة . وتعتبر التيارات الهوائية الصاعدة السبب الرئيسي في تكوين هذا النوع من السحب ولذلك فإنها تتكون عادة أثناء النهار خصوصا فيما بعد الظهر .

١٠ ــ سحب المزن الركامي "Cb" ــ وهي من السحب الممطرة التي يصاحبها غالبا حدوث عواصف رعد ، وسقوط زخات شديدة من المطر الذي يكون مختلطا في بعض الأحيان بالثلج أو البرد . وهي تنمو نموا رأسيا ظاهرا بحيث تصل قمتها إلى منطقة السحب متوسطة الارتفاع ، بل وإلى منطقة السحب العالية أحيانا . وهي تظهر في كتل أو قطع ضخمة داكنة خصوصا عند



شكل (٥٢) سحاب ركامي مغرق يظهر في الجو الصحو

قاعدتها ، وتأخذ فى نموها الرأسى شكل القباب أو الجبال أو القلاع العالية ، وقد تكون متفرقة أو متصلة ببعضها بشكل يجعلها أشبه بحائط عال كثيف . ومن مميزاتها أن قمتها تأخذ فى كثير من الأحيان مظهرا سمحاقيا أو شعريا واضحا وتبدو القمة فى هذه الحالة بشكل سندان أو شكل ريشة طائر ضخمة (شكل ٥٣)



شكل (٥٣) سحاب مزن كامى

توضيح كمية السحب على خرائط الطقس : توضح هذه الكمية على أساس الافتراض بأن قبة السماء مقسمة إلى ثمانية أقسام ، وتحسب الكمية بعدد الأقسام أى الأثمان التى تكفى السحب الموجودة لحجبها . ويرمز للثمن الواحد بواسطة نصف قطر يرسم داخل دائرة المحطة ، أما الثمنان فيرمز لهما بخط متصل يقطع الدائرة كلها . وبناء على هذا فإن هناك ثمان حالات لكمية السحب . وقد أعطى لكل حالة منها رقم شفرى دولى معين ، فرقم ١ معناه أن $\frac{١}{٨}$ السماء محتجب بالسحب ورقم ٨ معناه أن $\frac{٨}{٨}$ السماء ، أى كلها

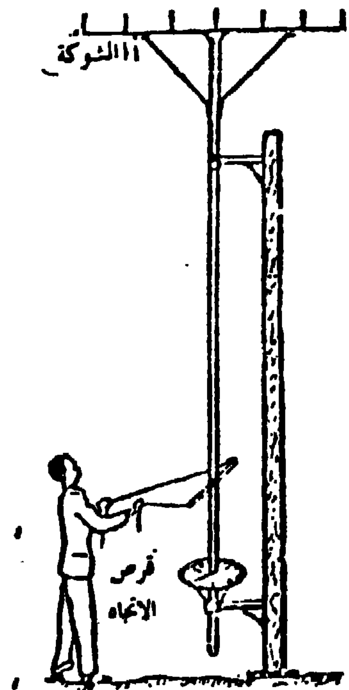
محتجبة بالسحب . وهناك إلى جانب ذلك رقمان آخران أحدهما هو الصفر ومعناه عدم وجود سحب على الاطلاق ، ولا يرسم له أى رمز على الخريطة ، والثانى هو رقم ٩ ومعناه أن الراصد لا يستطيع رؤية السماء بوضوح بسبب الضباب أو الغبار . ويرمز له على الخريطة بوضع علامة X داخل دائرة المحطة . ويبين الجدول رقم (١١) الأرقام الشفرية "Code Numbers" والرموز "Symbols" المستخدمة دوليا فى توضيح السحب على خرائط الطقس وفى تبادل الرسائل الخاصة بها . والمتبع فى الرسائل الجوية أن يذكر فقط الرقم الشفرى ويترك لمحطة الاستقبال تحديد مدلوله .

جدول (١١) الأرقام الشفرية والرموز المستخدمة فى توضيح كمية السحب على خرائط الطقس وفى تبادل الرسائل الخاصة بها

رقم الشفرة	الرمز	حالة السماء
٠	○	السماء خالية تماما من السحب
١	⦶	١/٨ قبة السماء محجوبة بالسحب
٢	◔	٢/٨ قبة السماء محجوبة بالسحب
٣		٣/٨ " " " "
٤	◑	٤/٨ " " " "
٥		٥/٨ " " " "
٦	◕	٦/٨ " " " "
٧		٧/٨ " " " "
٨	●	٨/٨ السماء محجوبة تماما بالسحب
٩	⊗	السماء غير مرئية بسبب الضباب أو العواصف الرملية أو الترابية

تعيين اتجاه حركة السحب وقياس سرعتها

يستخدم لهذا الغرض جهاز خاص يعرف باسم النيفوسكوب "Nephoscope" (شكل ٥٤) ، وهو مكون من شوكة محمولة على عامود يدور حول نفسه ومثبت عند قاعدته قرص يبين الاتجاهات المختلفة . وعند رصد أى سحابة توجه الشوكة فى نفس اتجاه حركة السحابة ثم يقرأ الاتجاه على القرص . أما السرعة فتحسب على أساس طول المسافة التى قطعتها هذه السحابة فى مدة معينة كما تبينها أقسام الشوكة والزاويه المحصورة بين الخط الرأسى عند مكان الراصد والخط الواصل بين نقطة وقوعه والمكان الذى تحركت إليه السحابة .



شكل (٥٤) جهاز تعيين اتجاه حركة السحب وقياس سرعتها

٩ ــ ٣ ــ التساقط Precipitation
(المطر Rainfall)

تمهيد ــ تعريف التساقط وأشكاله :

المقصود بالتساقط هو سقوط المواد الناتجة من تكثف بخار الماء فى الجو إلى سطح الأرض أو البحر ، وهو يحدث بشكلين رئيسيين هما : التساقط السائل وهو المطر بمعناه الضيق ، والتساقط الصلب الذى يحدث بشكل ثلج Snow أو برد Hail ، والأول منهما عبارة عن بلورات ثلجية خفيفة ذات أشكال هندسية وتتطاير عند سقوطها فى الهواء، والثانى عبارة عن كرات صغيرة من الجليد تتكون عادة فى سحب المزن الركامى أثناء حدوث العواصف الرعدية .

وكثيرا مايكون التساقط مكونا من خليط من التساقط السائل والتساقط الصلب ، ويعرف فى هذه الحالة بالتساقط المائى الثلجى Sleet . أو التساقط المختلط .

ورغم هذا التقسيم فإن كلمة « مطر » تستخدم غالبا لتشمل كل هذه الأشكال ، ولهذا فإن الأرقام التى تنشرها محطات الأرصاد تحت عنوان « الأمطار » لاتقتصر على المطر السائل وحده بل تتضمن كذلك التساقط الصلب .

٩ ــ ٣ ــ ١ ــ أنواع المطر ــ (التساقط السائل)

يشترط لسقوط المطر أن يرتفع الهواء المحمل ببخار الماء إلى مستويات تنخفض فيها درجة حرارته إلى مادون نقطة الندى. ويحدث هذا الارتفاع نتيجة لأحد عوامل ثلاثة هى : التصعيد نتيجة لتسخين سطح الأرض ، أو اعتراض

الجبال طريق الرياح ، أو صعود الهواء الدافىء فوق الهواء البارد عند تقابلهما .
وعلى أساس هذه العوامل الثلاثة يقسم المطر إلى ثلاثة أنواع هى : مطر التصعيد ، ومطر التضاريس ، ومطر الأعاصير . وعلى الرغم من أن كل نوع من هذه الأنواع له أسبابه ومميزاته الخاصة فإن أيا منها لايظهر مستقلا تماما عن النوعين الآخرين ، وكثيرا مايوجد أكثر من نوع واحد فى المنطقة الواحدة وكل ماهنالك هو أن أحد الأنواع يكون سائدا على غيره .

أ — مطر التصعيد Convectional Rain :

وهو الذى يسقط نتيجة لتسخين سطح الأرض وارتفاع الهواء بشكل تيارات صاعدة ، فإذا كان الهواء الصاعد محملا ببخار الماء فإن هذا البخار يتكثف فى أعلى التروبوسفير وتتكون سحب من نوع المزن الركامى الذى ينهمر منه المطر بغزارة ويكون مصحوبا فى الغالب بعواصف رعد Thunder storms . وتتوقف غزارة هذا المطر على ثلاثة عوامل هى : مدى نشاط التيارات الصاعدة ، وكمية بخار الماء التى تحملها ، ودرجة حرارة الطبقات التى تتجمع فيها السحب ، فكلما كانت التيارات نشطة ومحملة ببخار الماء وكان الفرق بين درجة حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الطبقات التى تتجمع فيها السحب كبيرا كلما اشتدت غزارة المطر .

وهذا النوع من المطر هو النوع السائد فى معظم السهول والهضاب الواقعة فى العروض الاستوائية والمدارية مثل سهول السودان وحوض الكنغو وهضبة البحيرات فى إفريقية ، وسهول حوض نهر الأمزون والهضاب المدارية المحصورة بين جبال الإنديز فى أمريكا الجنوبية ، كما يظهر كذلك فى السهول المعتدلة الواقعة فى وسط كتل اليابس الكبرى مثل كتلة أوراسيا . وفى أغلب الأحيان تكون أمطار السهول الاستوائية أكثر من أمطار الهضاب التى تقع فى نفس خطوط العرض . ويرجع ذلك إلى أن التيارات الصاعدة تكون أنشط فى

* سنعود للكلام على هذه العواصف بعد قليل

السهول منها على الهضاب بسبب الفرق الحرارى بينهما . وهذا هو السبب فى أن أمطار حوض الكنغو مثلا أكثر من أمطار هضبة البحيرات الواقعة إلى الشرق منها حيث يبلغ معدل المطر السنوى فى حوض الكنغو حوالى ١٨٠ سم بينما يبلغ حوالى ١٠٠ سم على الهضبة . ومثل هذا يمكن أن يقال كذلك عن أمطار حوض الأمزون وأمطار هضبة أكوادور . وتعتبر أمطار الصحارى كذلك من أوضح الأمثلة على مطر التصعيد . وهى إن سقطت فإنما تنهمر بشكل مفاجىء وبغزارة شديدة تؤدى إلى حدوث سيول جارفة قد تقطع الطرق وتغرق الواحات والقرى . وتتميز أمطار الأقاليم الاستوائية بأن لها نظاما يوميا يرتبط بخط السير اليومى لدرجة الحرارة ، ولذلك فإنها تسقط غالبا بعد الظهر بعد أن تكون سحب المزن الركامى التى كونتها التيارات الصاعدة قد بلغت أعظم سمك لها وحجبت السماء كلها .

ب ــ مطر التضاريس Orographic (or Relief) Rain

ويقصد به المطر الذى يسقط نتيجة لارتفاع الهواء المحمل ببخار الماء على جوانب الجبال. وتتوقف غزارة هذا المطر على كمية البخار التى يحملها الهواء وارتفاع الحافة الجبلية التى تعترضه . ولذلك فإن هذا النوع من المطر يكثر بصفة خاصة على جوانب الجبال المرتفعة التى تهب عليها الرياح عمودية من ناحية المحيط، خصوصا إذا كانت مياه هذا المحيط دافئة . وتسقط معظم أمطار التضاريس على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح مباشرة Windward slopes أما المنحدرات التى فى منصرف الريح "Lee slopes" فتقل عليها الأمطار أو تنعدم حيث تكون الرياح قد أفرغت معظم حمولتها من الماء على المنحدرات الأولى . ويطلق تعبير « ظل المطر Rain shadow » على المناطق الواقعة على الجانب غير الممطر من الجبال .

وعلى الرغم من أن مطر التضاريس يتزايد عموما كلما زاد الارتفاع فان هذا التزايد يتوقف عند مستوى معين، ثم يأخذ المطر فى التناقص كلما زاد الارتفاع عن هذا المستوى ، وذلك لأن حمولة الهواء الصاعد من البخار تأخذ

فى التناقص نتيجة لتحولها إلى مطر أثناء الصعود . وليس هناك على أى حال معدل ثابت لتزايد المطر بالارتفاع لأن هذا المعدل يتأثر بعوامل أخرى غير الارتفاع ومنها شدة الانحدار واتجاه الرياح بالنسبة لاتجاه الحافة الجبلية ، ومع ذلك فإن المعدل التقريبى لهذا التزايد هو ٢٪ إلى ٥٪ كلما زاد الارتفاع عشرين مترا ، حتى نصل إلى مستوى معين يكون فيه المطر أشد غزارة منه فى أى مستوى آخر . ويمكننا أن نطلق على هذا المستوى اسم مستوى أغزر المطر «Level of Maximum Rain» ، وهو ليس واحدا فى جميع الأقاليم أو فى جميع الفصول ، فهو فى الأقاليم الجافة أعلى منه فى الأقاليم الرطبة ، ففى جزيرة جاوة يوجد هذا المستوى على ارتفاع ١٠٠٠ متر بينما يوجد على ارتفاع ١٥٠٠ متر فوق جبال غات الغربية وعلى ارتفاع ٢٢٠٠ متر فوق جبال الألب ، كما أنه يكون فى فصل الصيف أعلى منه فى فصل الشتاء .

وتسود أمطار التضاريس بصفة خاصة فى الأقاليم المدارية على منحدرات الجبال التى تهب عليها الرياح التجارية أو الرياح الموسمية من ناحية البحر . ونظرا لدفء المياه وقوة الرياح وشدة ارتفاع بعض الجبال وهبوب الرياح عمودية عليها فى بعض المناطق فإننا نلاحظ أن أكثر بقاع العالم مطرا موجودة فى هذه الأقاليم ، ومن أمثلتها منطقة شيرابونجى الواقعة على الجانب الجنوبى لجبال خاسى «Khasi» فى أسام فى شرق الهند على ارتفاع ١٣٥٠ مترا ، وفيها يبلغ المعدل السنوى للمطر ١١,٥ متر . ويأتى أغلبها فى فصل الصيف نتيجة لاندفاع الرياح الموسمية الجنوبية الغربية نحوها من خليج بنغال وانحصارها بين سلاسل الجبال العالية . ومن أمثلتها أيضا جزيرة كاواى «Kauai» وهى إحدى جزر هواى ، وفيها يبلغ المعدل السنوى للمطر ١٢ مترا بسبب هبوب الرياح التجارية الرطبة عليها طول السنة ، وكذلك المنحدرات الغربية لجبال الكمرون فى غرب إفريقية ، وفيها يبلغ المعدل السنوى عشرة أمتار نتيجة لهبوب الرياح الجنوبية الغربية الرطبة عليها طول السنة من خليج غانة الدافىء .

جـ ــ مطر الأعاصير Cyclonic rain (أو مطر الجبهات Frontal rain)

ويقصد به المطر الذى تسببه المنخفضات الجوية وهو ينتشر فى مناطق واسعة من العالم فى نطاق الرياح الغربية ، كما هى الحال فى غرب أوروبا وحوض البحر المتوسط وأمريكا الشمالية ، كما يوجد أيضا فى بعض الأقاليم الحارة التى تتعرض للأعاصير المدارية .

وتتابع أحداث الأمطار الإعصارية فى العروض المعتدلة غالبا بنظام معروف تقريبا ، فهى تبدأ خفيفة فى مقدمة المنخفضات الجوية ، وتزداد نوعا ما عند مرور الجبهة الدافئة وكذلك عند مرور قلب المنخفض ، وتأتى الأمطار فى هذه المراحل مع سحب خفيفة عالية أو متوسطة ، ولكن لاتلبث الأمطار أن تنهمر بغزارة عند مرور الجبهة الباردة وتكون مصحوبة برياح شمالية قوية وبحدوث برق ورعد . ولكن لاتلبث الأمطار أن تتناقص تدريجيا بعد مرور الجبهة الباردة وتأتى بصورة زخات يزداد تباعدها كلما ابتعد المنخفض الجوى حتى تنتهى ويصفو الجو . وكما أن أحداث هذا النوع من المطر تسير بالترتيب الزمنى المذكور فان توزيعه الإقليمى يكون مرتبطا كذلك بخط سير المنخفض الجوى أو الإعصار ، وتتوقف كمية المطر وغزارته على عنف المنخفض الجوى أو الإعصار أو على موقع المكان بالنسبة للقطاعات المختلفة للمنخفض .

ويشمل هذا النوع من المطر كذلك الأمطار التى تصاحب الأعاصير المدارية أو العواصف الدوارة ، إلا أن هذه الأعاصير لاتكون لها غالبا جبهات واضحة ، ولذلك يحسن ألا نطلق على مطرها اسم « مطر الجبهات » .

عواصف الرعد Thunderstorms

تعتبر عواصف الرعد من ظاهرات الجو المألوفة فى جميع أنحاء العالم تقريبا ماعدا المناطق القطبية ، وأهم ماتتميز به هو أنها تكون مصحوبة بحدوث برق ورعد ، وهذا هو الشرط الرئيسى الذى يجب توفره فى كل عاصفة رعد

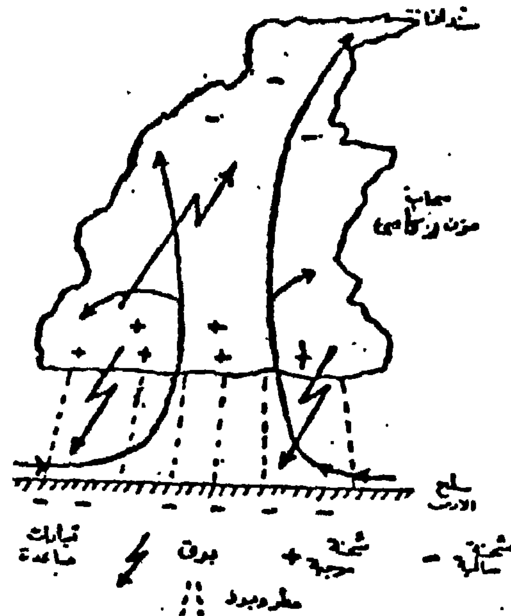
وتكون هذه العواصف فى الغالب مصحوبة برياح قوية وأمطار غزيرة جدا[1] ، مع سقوط البرد فى كثير من الأحيان .

أما سبب حدوثها فهو ارتفاع الهواء بقوة إلى أعلى نتيجة لأى عامل من العوامل التى سبقت الإشارة إليها عند الكلام على أنواع المطر ، ومعنى ذلك أن عواصف الرعد يمكن أن تحدث نتيجة لنشاط التيارات الصاعدة التى يسببها ارتفاع درجة الحرارة فى طبقات الجو السفلى ، كما هى الحال فى المنطقة الاستوائية ، أو نتيجة لارتفاع الهواء الدافىء فوق الهواء البارد عند تقابل كتلتين هوائيتين مختلفتين فى درجة الحرارة،أو لاندفاع الهواء فى الأعاصير الدوارة بقوة إلى أعلى الجو ، أو نتيجة لصعود الرياح بقوة على منحدرات الجبال التى تعترض طريقها ، فالذى يحدث فى مثل هذه الأحوال هو أن يرتفع الهواء الصاعد إلى مستويات مرتفعة جدا فيتكاثف بخار الماء العالق به بسرعة وتتكون منه سحب شديدة السمك والكثافة من النوع المعروف باسم المزن الركامى «Cumulonimbus» ، وتأخذ الأمطار فى السقوط ، إلا أن كثيرا من نقط الماء لاتستطيع أن تصل إلى سطح الأرض بسبب قوة التيارات الصاعدة التى تدفعها باستمرار إلى أعلى ، ويترتب على ذلك تزايد حجم هذه النقط حتى يبلغ قطر الواحدة منها نصف سنتيمتر تقريبا . ومتى بلغت هذا الحجم لاتقوى على التماسك ، فتتفتت إلى نقط صغيرة ، لاتلبث أن تكبر ثم تتجزأ بنفس الطريقة وهكذا .

ويترتب على تفتت النقط المائية انطلاق شحنة كهربائية يتجمع السالب منها فى قمة السحابة أما الموجب فيتجمع فى وسطها ، وقد يتجمع بعضه فى أسفلها . وعندما تكبر هذه الشحنات يحدث تفريغ بين أعلى السحابة ووسطها أو بين السحابة والأرض أو بين سحابتين متجاورتين . والتفريغ الذى يحدث بين السحابة والأرض هو الذى يعبر عنه بالصاعقة . ويؤدى التفريغ الكهربائى

(١) Burgess C. R. « Meteorology for Seamen » 2 nd, ed. 1952 P. 55.

إلى حدوث الشرارة المضيئة التى يعبر عنها بالبرق . أما الرعد فيحدث نتيجة تمدد الهواء الذى تخترقه هذه الشرارة بسبب شدة الحرارة ثم انكماشه وانضغاطه بشدة نتيجة للتبريد الذى يحدث بعد مرورها . ونظرا لأن الضوء ينتقل بسرعة ٢٩٨,٠٠٠ كيلومتر فى الثانية بينما ينتقل الصوت بسرعة ٣٤٠ مترا فى الثانية فان سماع صوت الرعد يتأخر عن رؤية البرق بمعدل خمس ثوان تقريبا لكل ١,٥ كيلومتر من المسافة بين الموضع الذى تحدث فيه شرارة البرق والمكان الذى يوجد فيه الراصد . ويبين شكل (٥٤) المظاهر المختلفة التى تصاحب عواصف الرعد[١] .



شكل (٥٤) مظاهر النشاط المختلفة فى عواصف الرعد

(١) Horrocks N. K. Physical Geography and Climatology » 1953. P 229

وتتحرك عواصف الرعد فى الأقاليم المعتدلة بصفة عامة من الغرب إلى الشرق بسرعة تبلغ فى المتوسط حوالى ٦٠ كيلومترا فى الساعة ، وقد تقطع العاصفة أحيانا مسافة ٨٠٠ كيلومتر أو أكثر قبل أن تهدأ ، ويعتبر سقوط الأمطار من أهم العوامل التي تساعد على هدوء العاصفة لأنه يساعد على تلطيف درجة حرارة سطح الأرض وطبقة الهواء الملامسة له ، فيقل الفرق بين درجة حرارته ودرجة حرارة الطبقات العليا من الجو فيضعف تبعا لذلك نشاط التيارات الصاعدة .

وتعتبر الأقاليم الاستوائية أكثر أقاليم العالم تعرضا لحدوث عواصف الرعد ، نظرا لنشاط التيارات الصاعدة بها ، ويبلغ متوسط عدد الأيام التى يحدث فيها البرق والرعد فى هذه الأقاليم حوالى ٧٦ يوما فى السنة ، وتشتهر جزيرة جاوة بصفة خاصة بهذا النوع من العواصف ، إذ يبلغ متوسط عدد الأيام التى يظهر فيها البرق والرعد هناك أكثر من ٢٠٠ يوم ، وتكثر هذه العواصف كذلك فى الولايات المتحدة، ولايكاد يمر أسبوع دون أن يظهر البرق والرعد فى يوم واحد على الأقل من أيامه ، أما فى مصر فتظهر عواصف الرعد أحيانا فى فصل الخريف ، ولكن على الرغم من قلة أيام ظهورها بصفة عامة ، فإنه لايمكن أن يمر فصل الخريف فى أية سنة ، دون أن تحدث عاصفة رعد واحدة على الأقل .

أما أقل جهات العالم تعرضا لعواصف الرعد فهى المناطق القطبية ، لعدم وجود أى تيارات هوائية صاعدة هناك ، ولهذا فقد تمر سنوات عديدة دون أن تحدث عاصفة رعد واحدة ، وتقل هذه العواصف كذلك فى الصحارى الجافة لأنه على الرغم من نشاط التيارات الصاعدة بها فإن بخار الماء العالق بالهواء يكون قليلا جدا بدرجة لاتكفى لتكون السحب الكثيفة . وتقل عواصف الرعد كذلك على البحار والمحيطات ، وذلك لأن التيارات الصاعدة تكون بطيئة نسبيا ، حيث يكون الفرق بين درجة حرارة الطبقات السفلى من الجو ودرجة حرارة الطبقات العليا منه أقل نسبيا منه على اليابس



شكل (٥٥) المتوسط السنوى لعدد أيام عواصف الرعد فى العالم

ويعتبر فصل الصيف على اليابس أكثر فصول السنة ملاءمة لظهور عواصف الرعد بصفة عامة ، ويرجع ذلك إلى اشتداد حرارة سطح الأرض والهواء الملاصق له بواسطة أشعة الشمس . ويكون ظهورها غالبا بعد منتصف النهار ، وهو الوقت الذى تبلغ فيه التيارات الصاعدة أشد

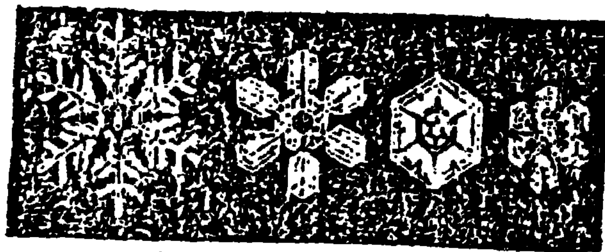
التساقط الصلب (أو المطر المتجمد)

بالإضافة إلى الشكل السائل المعتاد للمطر ، فإن المطر فى الأقاليم الباردة يكون فى كثير من الأحيان بشكل صلب ، أو بشكل مختلط من السائل والصلب . وهناك شكلان رئيسيان للتساقط الصلب وهما : الثلج Snow والبرد Hail ، أما التساقط المختلط بين الصلب والسائل فيطلق عليه تعبير Sleet .

وعلى الرغم من الفروق الواضحة بين الشكل السائل للمطر وأشكاله الصلبة فإنها جميعا تدخل فى إحصاءات المطر بعد أن تحسب كميات التساقط الصلب على أساس مايمكن أن تنتج من انصهارها من ماء . كما سنبين عند كلامنا على قياس المطر بعد قليل . وفيما يلى شرح للشكلين الرئيسين للتساقط الصلب وهما الثلج والبرد .

الثلج Snow :

وهو عبارة عن بلورات رقيقة جدا من الثلج لايزيد قطر الواحدة منها غالبا على بوصة واحدة ، وهى تسقط نحو الأرض كما تسقط الأمطار تماما ، ولكن نظرا لخفتها فانها تتطاير مع الهواء ، ويكون منظرها أشبه بأهداب الريش الأبيض ، وتأخذ عند سقوطها أشكالا متباينة كما فى شكل (٥٦) .



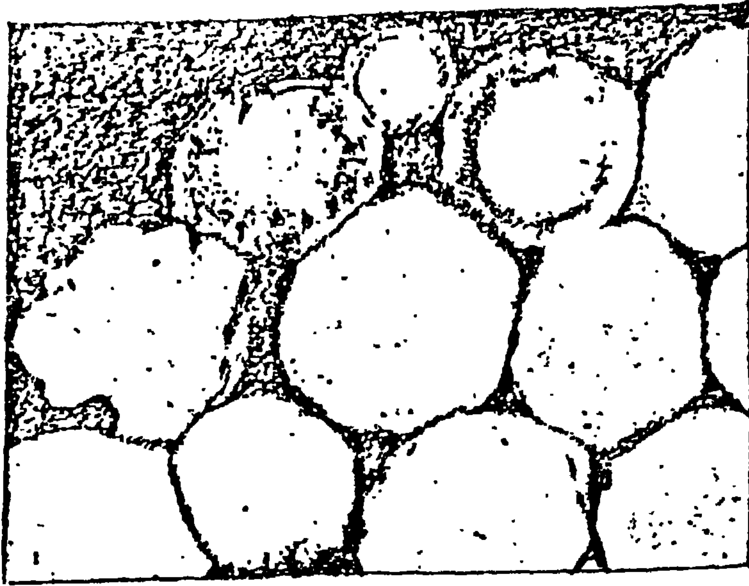
شكل (٥٦) بعض أشكال بلورات الثلج

ويسقط الثلج نتيجة لانخفاض درجة الحرارة فى طبقات الجو التى تسبح فيها السحب إلى مادون درجة التجمد ، ويحدث ذلك بكثرة فى المناطق الباردة حيث يؤدى سقوط الثلج بكثرة فى بعض البلاد إلى تغطية الأرض وما عليها من أجسام بطبقة عظيمة منه يزيد سمكها فى بعض المواضع على بضعة أمتار . وتكون هذه الطبقة هشة فى أول الأمر ولكنها سرعان ماتتماسك بسبب ثقل الثلج فتتحول إلى طبقة من الجليد «Ice» وهو المادة الصلبة المعروفة ، وليست الأنهار الجليدية التى تشتهر بها البلاد الجبلية فى الأقاليم المعتدلة والباردة ، وكذلك غطاءات الجليد العظيمة التى توجد فى المناطق القطبية إلا طبقات من الثلج الذى تراكم على مر السنين ثم تصلب بسبب ثقله وتكدسه .

ومن الممكن أن يتكون الثلج فى أعلى التروبوسفير فى الأقاليم الدافئة والحارة ، ولكنه فى هذه الحالة لايصل غالبا إلى سطح الأرض لأنه ينصهر عند سقوطه بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء بصفة عامة خصوصا فى طبقاته السفلى .

البرد Hail :

وهو عبارة عن كرات صغيرة من الجليد تتساقط على شكل أمطار عند حدوث عواصف الرعد . ويتراوح قطر الواحدة منها فى المعتاد حوالى سنتيمتر ونصف ، ولو أن بعضها يزيد قطره عن ذلك كثيرا بحيث يصل أحيانا إلى عشرة سنتيمترات أو أكثر . وتتكون هذه الكرات نتيجة لتكثف بخار الماء فى داخل سحب المزن الركامى التى تتراكم نتيجة لنشاط التيارات الهوائية الصاعدة ، ويتكثف البخار أولا إلى نقط مائية ، فإذا كانت درجة الحرارة فى داخل السحابة أقل من درجة التجمد فان هذه النقط تتحول إلى كرات صغيرة من الثلج ، ويأخذ حجم هذه الكرات فى الازدياد تدريجيا ، لأنها عندما تبدأ فى السقوط نحو الأرض تعود فترتفع مرة أخرى بتأثير التيارات الهوائية الصاعدة التى تحملها ثانية إلى داخل السحب فتتكثف حولها طبقة جديدة ، وبتكرار هذه العملية يتزايد عدد الطبقات التى تتراكم على الكرة الأصلية . حيث يصل



شكل (٥٧) كرات من البرد

أحيانا إلى ٢٠ طبقة ، وأخيرا تسقط الكرات بفعل ثقلها نحو سطح الأرض ، وقد يكون سقوطها بكميات كبيرة وبسرعة عظيمة ، تؤدى إلى تلف كثير من المحاصيل .

ومما سبق يتبين لنا أن هناك عدة شروط يجب توافرها لظهور البرد وهى :

١ — انخفاض درجة الحرارة فى طبقات الجو التى توجد بها السحب إلى مادون درجة التجمد .

٢ — وجود تيارات هوائية صاعدة يترتب عليها عواصف رعد كما يحدث كثيرا فى المناطق الاستوائية والمعتدلة . ونظرا لعدم وجود تيارات هوائية صاعدة فى الأقاليم القطبية فإن ظهور البرد فيها يعتبر من الظاهرات النادرة جدا .

٣ — عدم ارتفاع درجة حرارة الطبقات السفلى من الهواء بشكل يؤدى إلى انصهار كرات الثلج قبل وصولها إلى سطح الأرض ، كما يحدث عادة فى الأقاليم الاستوائية . ورغم نشاط التيارات الصاعدة هناك واحتمال

تكون البرد فى طبقات الجو العليا فإنه لايصل إلى سطح الأرض بسبب شده الحرارة فى طبقات الجو السفلى .

وهكذا نجد أن المناطق القطبية والمناطق الاستوائية تخلو من البرد خلوا تاما تقريبا ، وفيما عدا ذلك يحتمل أن يظهر البرد فى أى منطقة أخرى من العالم ، ولكنه يكثر بصفة خاصة على الهضاب كما هى الحال فوق القسم الجنوبى من هضبة إفريقية الجنوبية ، التى تتعرض أثناء فصل الصيف لسقوط البرد بشكل يؤدى أحيانا إلى حدوث خسائر كبيرة ، وفى الهند يسقط البرد بكثرة فى شهر مايو ، وفى مصر يظهر البرد أحيانا فى فصلى الخريف والشتاء أثناء عواصف الرعد

شدة المطر (أو غزارته) Rainfall intensity

المقصود بشدة المطر أو غزارته هو مقدار مايسقط منه خلال فترة معينة ، وحساب غزارة المطر له أهمية كبيرة فى تحديد قيمته الهيدرولوجية لما له من علاقة مباشرة بجريان الماء على السطح وتسربه فى التربة .

ويمكن حساب غزارة المطر فى اليوم أو فى أى فترة أخرى بقسمة كمية المطر على عدد الأيام المطيرة ، مع ملاحظة أن اليوم المطير هو اليوم الذى يسقط خلاله مطر لايقل عن ٠,٠١ من البوصة (٠,٢ من المليمتر) ، إلا أن حساب الغزارة بهذه الطريقة لايعبر تعبيرا دقيقا عن القيمة الهيدرولوجية للمطر ، والأهم منه هو حساب الغزارة على امتداد الفترة الزمنية التى يسقط خلالها المطر منذ بدء سقوطه حتى توقفه . وتوضح هذه الغزارة ومايطرأ عليها من تغير خلال هذه المدة بواسطة منحنى يطلق عليه اسم منحنى « استمرارية الغزارة Intensity- duration curve » . وفيه تسجل كمية المطر التى تسقط فى كل ساعة من ساعات سقوطه . وقد أظهرت معظم المنحنيات التى رسمت لمثل

---

(١) Wiesner ... Hydrometeorology, Barnes & Noble, U.S.A. ...

هذا التوزيع أنه يسير على نمط واحد أثناء العواصف المطيرة المتساوية الطول تقريبا .

ويمكن أن توضح الغزارة على امتداد مدة سقوطه بطريقة نسبية ، وذلك بحساب النسبة المئوية لما يسقط فى كل ساعة من ساعات العاصفة إلى الكمية الكلية التى تسقط أثناءها . ويطلق على المنحنيات التى ترسم بهذه الطريقة اسم « منحنيات استمرارية العمق Depth duration curves » . وقد تبين من دراسة مثل هذه المنحنيات أن شكلها يختلف تبعا لاختلاف الكمية الكلية التى تسقطها العاصفة الممطرة . ففى حالة المطر الخفيف تسقط أكبر نسبة منه غالبا خلال الفترة الأولى من سقوطه ، أما فى حالة المطر الغزير فإن المنحنى يكون غالبا متوازنا .

وثمة طريقة أخرى لتوضيح غزارة المطر هى طريقة رسم منحنيات يطلق عليها اسم منحنيات مرات تكرار الغزارة Rainfall intensity frequency curves . وهى من أكثر منحنيات الغزارة أهمية فى الدراسات المائية . حيث يمكن بواسطتها مثلا معرفة عدد مرات سقوط الأمطار بغزارة معينة فى الشهر أو السنة ، فيمكن على أساسها توقع احتمالات حدوث الفيضانات أو حدوث تغيرات فى مناسيب الأنهار ومقدار تصريفها .

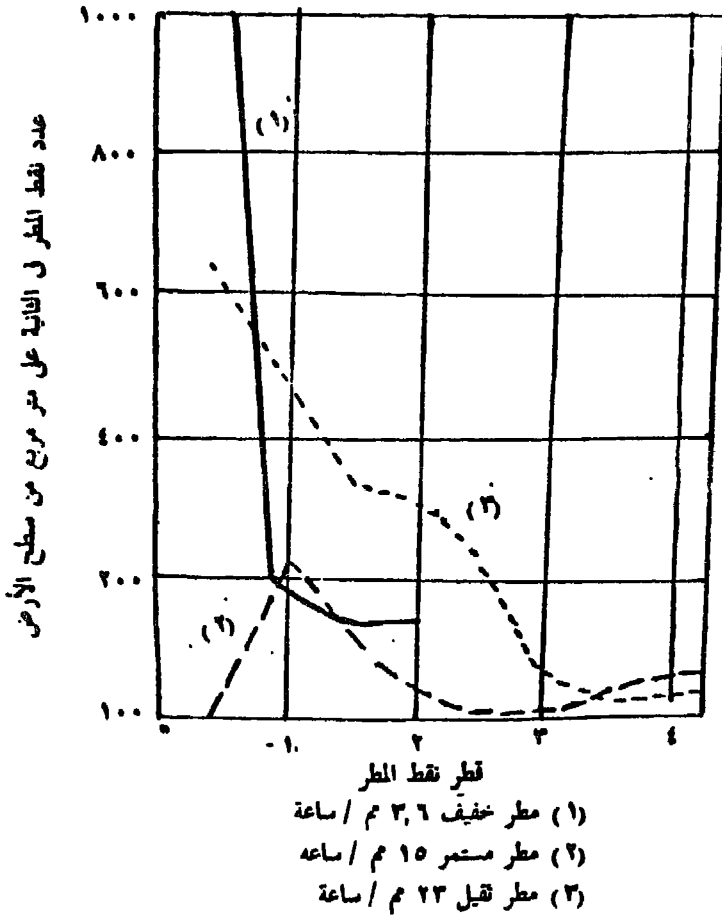
ولكن المشكلة فى حساب غزارة المطر بالتفصيل فى أى منطقة من المناطق تكمن فى كونها تحتاج إلى قياسات مستمرة ودقيقة للأمطار بواسطة أجهزة دقيقة يمكن بواسطتها قياس الأمطار الساقطة فى كل دقيقة ، ومثل هذه البيانات لايسهل توفيرها إلا فى مراصد معدة إعدادا كافيا للقيام بها .

ومن الواضح أن حساب غزارة الأمطار له أهمية كبيرة فى الدراسات التطبيقية لأن تأثير الأمطار على جريان الماء يتوقف على غزارة الأمطار أو شدة سقوطها ، فقد يؤدى سقوط خمسة سنتيمترات من المطر مثلا خلال نصف ساعة إلى حدوث فيضانات تغرق بعض المناطق وتسبب كثيرا من الخسائر بينما لايؤدى سقوطها فى ٢٤ ساعة أو أكثر إلى أى شيء من هذا ، لأن أغلبها يتبخر أثناء سقوطه أو بعد وصوله إلى الأرض مباشرة .

تقسيم المطر على أساس حجم نقطه وسرعة سقوطها :

يتراوح حجم نقط المطر مابين نقيطات الرذاذ التى لايزيد قطرها على نصف ملليمتر والنقط الكبرى التى قد يصل قطرها فى حالة عدم تفتتها إلى خمسة ملليمترات .

وهناك تناسب طردى بين حجم نقط الماء وسرعة سقوطها بمعنى أنه كلما كانت الأمطار ثقيلة كان حجم نقطها كبيرا ، كما يتبين من الشكل رقم (٥٨)[١].

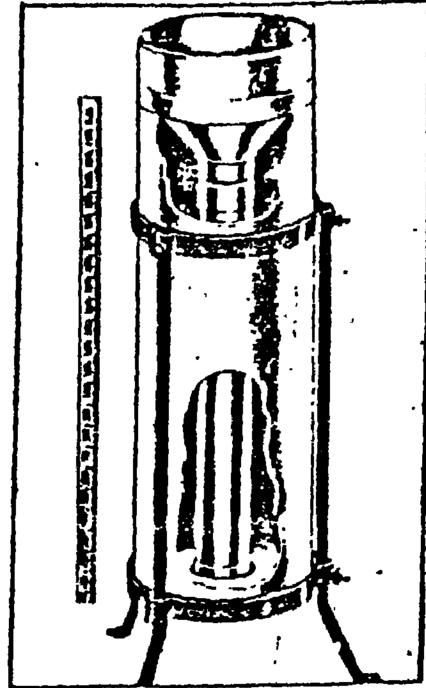


شكل (٥٨) العلاقة بين حجم نقط المطر وسرعة تساقطها

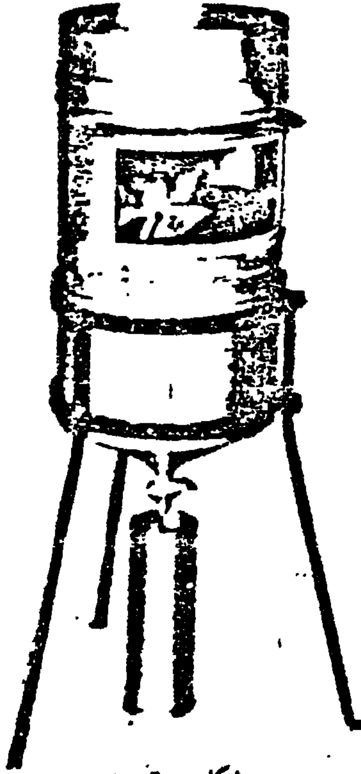
(١) Wiesner, c i op c t.p.91

٩ ــ ٣ ــ ٢ ــ قياس المطر

تستخدم فى قياس المطر أجهزة خاصة وأبسطها وأكثرها انتشارا هو الجهاز القياسى «Rain gauge» المستخدم فى أغلب محطات الأرصاد . وأهم أجزائه



شكل (٥٩)
جهاز قياس المطر العادى

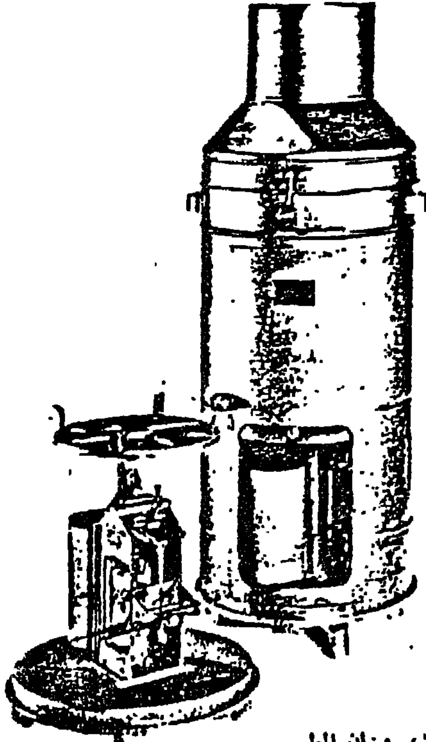


شكل (٦٠)
جهاز قياس المطر
ذو الدلو المائل

هى : اسطوانة معدنية قطرها المعتاد حوالى ٢٠ سنتيمترا وبداخلها قمع مركب فوق إناء لجمع الماء ، ومخبار مدرج لقياس الماء المتجمع . وقد يوضع المخبار داخل الاسطوانة بدلا من الاناء بحيث يتجمع فيه ماء المطر مباشرة . ويوضع الجهاز دائما فى العراء . ويدل ارتفاع الماء الذى يتجمع فى المخبار على كمية المطر التى سقطت ، وهى تحسب أما بالمليمترات أو البوصات

وقد ظهرت من هذا الجهاز أنواع منقحة يمكن أن تسجل بواسطتها كمية المطر الساقطة بطريقة آلية . وهناك نوعان من هذه المسجلات النوع الأول منها يعرف باسم «Tipping bucket gauge» أى الجهاز ذو الدلو المائل . وهو دلو صغير موضوع بميل بحيث يمكنه أن يفرغ نفسه آليا كلما تجمع فيه مقدار من المطر يعادل ربع ملليمتر . وتؤدى حركته عند التفريغ إلى توصيل دائرة كهربائية يتحرك بمقتضاها ذراع فى طرفه سن ريشة تبين به كل مرة من مرات التفريغ على لوحة خاصة . ويمكن على هذا الأساس حساب مجموع كمية المطر التى سقطت .

أما النوع الثانى فيعرف باسم ميزان المطر «Weighing-type gauge» وهو مزود بميزان خاص يمكنه أن يزن بطريقة آلية أى كمية من المطر يستقبلها الجهاز ، ويسجل الوزن بطريقة آلية كذلك على لوحة خاصة بواسطة سن ريشة مثبت فى نهاية ذراع يتحرك تبعا للوزن الذى يبنه الميزان .



شكل (٦١) ميزان المطر

ويجب عند قياس المطر أن ندخل فى حسابنا مظاهر التكثف الأخرى مثل الثلج والبرد ونضيفها إلى كمية المطر ، ولو أننا قد نصادف صعوبات كثيرة فى قياس كمية هذا النوع من التساقط ، ولكن يمكننا أن نقدرها تقديرا تقريبيا على أساس أن كل عشرة سنتيمترات من الثلج أو البرد تعادل سنتيمتر واحد من الماء ، أما أنواع التكثف الأخرى مثل الندى والضباب فهذه وإن كانت واسعة الانتشار إلا أنها لاتؤثر تأثيرا يذكر فى كمية التساقط «Precipitation» ، نظرا لبساطتها وسرعة تبخرها ، ولعدم تأثيرها على المياه الجارية أو المياه الجوفية .

خطوط المطر المتساوى Isohyets :

خطوط المطر المتساوى هى الخطوط التى ترسم على الخرائط لتوصيل الأماكن التى تتساوى فيها كميات الأمطار أو معدلاتها فى أى فترة من الفترات، وهى تشبه فى طريقة رسمها نوعا ما خطوط الحرارة المتساوية وخطوط الضغط المتساوى ولكن مع فارق أساسى وهو أننا عند رسم خطوط المطر لانحتاج إلى تعديل الأرقام التى تسجلها المقاييس لكى تمثل الحالة عند سطح البحر ، بل يجب أن توضع هذه الأرقام على الخريطة بدون تعديل .

والمألوف فى رسم خرائط توزيع المطر هو أن تظلل المناطق التى يكون لها معدل واحد تقريبا فى فترة معينة (ولتكن شهرا أو سنة) تظليلا واحدا أو تلون بلون واحد ، بحيث لايكون هناك داع لوضع أى أرقام على الخريطة نفسها لتمييز الخطوط بعضها عن بعض ، كما نفعل عادة عند رسم خطوط الضغط وخطوط الحرارة ، بل يكتفى بعمل دليل للخريطة تبين بواسطته مدلولات الدرجات المتفاوتة من التظليل أو التلوين . واللون الذى يستخدم عادة فى الأطالس وخرائط الحائط للدلالة على الأمطار هو اللون الأزرق . وكلما كان اللون داكنا دل ذلك على كثرة الأمطار ، أما الأقاليم عديمة المطر فتلون غالبا باللون البنى الفاتح أو الأصفر الباهت أو تترك بيضاء .

مشكلات قياس المطر (التساقط السائل)

على الرغم من التطور الذى طرأ على أجهزة قياس المطر وغيرها من أجهزة قياس العناصر المناخية فإن قياس المطر بالذات مازال معرضا لبعض الأخطاء الناجمة عن أسباب مختلفة . فقد تحدث بعض الأخطاء نتيجة لعدم دقة القراءات أو عمليات القياس التى يقوم بها الراصد نفسه ، كما أن بعضها قد يحدث بسبب أى خلل فى أجهزة التسجيل ، أو بسبب نوعية الجهاز المستخدم أو بسبب عدم وضعه فى الموضع الصحيح . ويكفى أن نعلم أنه حتى الآن لايوجد نوع قياسى موحد للجهاز التقليدى لقياس المطر ، ولايوجد اتفاق بين كل مراصد العالم على حجمه أو المواصفات المطلوبة لتركيبه . ولهذا فإن مقارنة البيانات المستمدة من أجهزة القياس المستخدمة فى البلاد المختلفة لاتكون فى كثير من الأحيان دقيقة بالدرجة المطلوبة . ولمعالجة هذه المشكلة فقد ابتكرت منظمة الأرصاد الجوية الدولية International Meteorological Organisation جهازا قياسيا لتصحح على أساسه قراءات الأجهزه المستخدمه فى الدول المختلفة . وقد تبين أن الفروق بين الأجهزة المختلفة وبين قراءات المقياس الدولى تتراوح بين ٥٪ و ١٥٪ .

ففى بريطانيا مثلا يستخدم لقياس المطر جهاز قطر فتحته خمس بوصات وترتفع حافته Rim عند استخدامه بمقدار قدم واحد عن سطح الأرض . بينما يبلغ قطر فتحة الجهاز المستخدم فى الولايات المتحدة ثمان بوصات .

وليس هناك ارتفاع واحد لتثبيت جهاز قياس المطر عن سطح الأرض ، ومازال تحديد الارتفاع الأمثل مختلفا عليه حتى الآن ، فعلى الرغم من أن كمية المطر المطلوب حسابها فعلا هى الكمية التى تصل إلى سطح الأرض نفسه فإن القياس على هذا المستوى لن يكون دقيقا من الناحية العملية ، لأن المياه التى تتجمع على الجهاز لن تكون فى هذه الحالة مقصورة على مياه المطر التى تسقط فوقه مباشرة بل ستضاف إليها كميات لايستهان بها من المياه التى تتبعثر نحوه

من الأرض المجاورة عند سقوط المطر عليها . ومن ناحية أخرى فإن وضع الجهاز فى مستوى أعلى من سطح الأرض يؤدى إلى اعتراض الرياح وحدوث دوامات بها مما يؤدى إلى زيادة سرعتها ودفعها لقطط المطر الساقطة بعيدا عن الجهاز ، وخصوصا أثناء هبوب الرياح القوية التى تكون فى كثير من الأحيان مصاحبة لسقوط المطر ، وهكذا فإن المستويات التى توضع عليها الأجهزة فى الدول المختلفة تتفاوت من ٣٠ سم إلى مترين أو أكثر فوق سطح الأرض .

وتظهر هذه المشكلة بصورة أوضح عند وضع هذه الأجهزة على المرتفعات بسبب ارتفاع سرعة الرياح وكثرة الاضطرابات الجوية . ولتقليل الخطأ فى نتائج القياس فى مثل هذه الظروف يبنى حول جهاز القياس حائط بمقاييس محسوبة ، وعلى بعد محسوب كذلك لكى يقلل من سرعة الرياح ولايعرقل فى نفس الوقت سقوط المطر فى الجهاز .

مشكلات قياس التساقط الصلب :

إن الأجهزة المستخدمة لتسجيل المطر السائل أو قياسه لاتصلح تماما لقياس التساقط الصلب إلا إذا كان هذا التساقط خفيفا بدرجة تسمح بدخوله فى الجهاز ، حيث يمكن فى هذه الحالة حسابه على أساس كمية الماء التى تنتج منه بعد انصهاره . ولهذا فقد ابتكرت مسجلات خاصة لتسجيل وزن الثلج المتساقط . وتقوم فكرتها على جمع الثلج فى وعاء موضوع على سطح ميزان متصل بذراع فى طرفه سن ريشة يتحرك على خريطة مثبتة على اسطوانة تديرها ساعة ، ومقسمة إلى أقسام تدل على وزن الثلج المتجمع فى الوعاء . ولكن نظرا لأن بلورات الثلج المتساقط تكون عادة خفيفة جدا فإن الرياح تذروها وتوزعها على سطح الأرض بشكل غير منتظم مما يؤدى إلى تباين سمك الطبقة المتراكمة من موضع إلى آخر ، ولهذا فإن مايسجله « ميزان الثلج Snow gauge » لايدل إلا على كمية الثلج التى تسقط فوقه فقط ، ولايدل على سمك الثلج المتراكم على كل المنطقة التى يوجد فيها ، ولذلك فقد اقترحت طريقة

أخرى لقياس كمية الثلج الذى سقط على المنطقة عن طريق عمل مجسات فى عدة مواضع لقياس سمك الثلج المتراكم فى كل منها وحساب المتوسط بالنسبة لكل المنطقة وتحويل هذا المتوسط إلى مايعرف « بالمعادل المائى Water equivalent » ، وذلك على أساس أن سمكا مائيا واحدا يقابل ١٢ سمكا من الثلج ، ولكن هذه النسبة لاتتوقف على سمك الثلج وحده بل تتوقف كذلك على درجة تكدسه ، فكلما ازداد تكدسه زاد المعادل المائى الذى يقابله . ومن الممكن كذلك حساب هذا المعادل بأخذ عينة من السمك الكلى لطبقة الثلج ووزنها وتصنيفها بواسطة أجهزة بسيطة لفرز الثلج ثم حساب متوسط المعادل المائى لها . وتستخدم هذه الطريقة أحيانا كوسيلة مساعدة للقياس بواسطة « ميزان الثلج » ، وهى مفيدة بصفة خاصة لقياس غطاءات الثلج السميكة ، ولهذا فإنها تستخدم على نطاق واسع فى المناطق التى يكثر فيها تساقط الثلج .

استكمال النقص فى إحصاءات المطر :

من المتفق عليه دوليا فى الوقت الحاضر أن فترة ٣٠ سنة متتالية هى أصلح فترة لحساب المعدلات المناخية ، إذ أن طول هذه الفترة يكفى لتغطية كل التغيرات التى تطرأ على أى عنصر من عناصر المناخ من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى . ومع ذلك فإن الأمر قد يختلف من منطقة إلى أخرى على حسب نوع المناخ . ففى المنطقة الاستوائية مثلا تسير الأحوال المناخية بانتظام تقريبا ، وقلما تحدث فروق كبيرة فى المتوسطات اليومية أو الشهرية أو السنوية . وفى مثل هذه المناطق يمكن استخراج المعدلات الصحيحة من متوسطات بضع سنوات فقط . وذلك بخلاف الحال فى المناطق التى تتعرض لتغيرات جوية أو مناخية كبيرة من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى ، وأهمها المناطق المعتدلة التى تتعرض لمرور المنخفضات الجوية فى أوقات غير ثابتة فتؤدى إلى حدوث تقلبات جوية عنيفة يظهر تأثيرها فى كل عناصر المناخ ، وكذلك المناطق الجافة وشبه الجافة التى تتغير فيها كميات الأمطار السنوية تغيرا كبيرا من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى . ففى مثل هذه المناطق يكون من الأفضل حساب المعدلات من أرقام مدة أطول ولتكن ٣٥سنة مثلا .

وعلى أى حال فإن معظم المحطات المناخية فى معظم الدول النامية لم تبدأ عملها إلا منذ سنوات قليلة ، ولهذا فلا تتوفر لها التسجيلات المناخية للمدة المتفق عليها دوليا . وفى مثل هذه الأحوال يمكن حساب المعدلات من التسجيلات المتوفرة لأى عدد من السنين مع ضرورة ذكر السنوات التى استخدمت بياناتها لحساب المعدلات .

وكثيرا مايواجه الباحث بمشكلة عدم توفر بيانات بعض العناصر المناخية لشهر أو لسنة أو أكثر فى محطة من المحطات ، وفى مثل هذه الحالة فإنه يستطيع أن يقدر البيانات المفقودة بالاسترشاد ببيانات محطتين أو ثلاث محطات قريبة منها . وكلما كانت ظروف المحطة المراد تكملة بياناتها المفقودة مشابهة لظروف المحطات القريبة منها وكانت متوسطاتها قريبة من متوسطاتها بحيث لاتزيد الفروق بينها عن ١٠٪ كان التقريب مقبولا ، أما إذا زادت الفروق عن هذا الحد فيحسن اللجوء إلى بعض الحسابات الأكثر دقة . ومثال ذلك العملية التى تجريها محطة الأرصاد الجوية الأمريكية لملء ثغرات بيانات الأمطار، وتتلخص فى حساب البيانات الناقصة من متوسطات ثلاث محطات قريبة منها ومشابهة لها فى ظروفها وذلك بمقتضى المعادلة الآتية :

$$\text{مَ س} = \frac{1}{3}\left(\frac{\text{م س}}{\text{م أ}} \times \text{مَ أ} + \frac{\text{م س}}{\text{م ب}} \times \text{مَ ب} + \frac{\text{م س}}{\text{م ج}} \times \text{مَ جـ}\right)$$

وذلك على أساس أن س هى المحطة المطلوب حساب مطرها فى فترة ما ، وأن مَ هى مطر هذه الفترة وهى مجهولة بالنسبة للمحطة س ومعروفة فى المحطات الثلاث الأخرى وهى أ ، ب ، جـ ، وأن م هى المتوسط السنوى للمطر فى المحطات الأربع .

مثال : إذا كانت سنة ١٩٦٠ مفقودة فى المحطة س وكانت أمطار نفس

السنة فى المحطات أ و ب و جـ هى ٤٥ و ٥٥ و ٤٤ سم .
وكان المعدل السنوى العام فى المحطة س هو ٥٠ وكان فى المحطات أ و ب و جـ هو ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ سم فإن حساب السنة المفقودة فى س (م) يكون كما يلى :

$$م'س = \frac{١}{٣} \left(\frac{٥٠}{٤٥} \times ٤٥ + \frac{٥٠}{٥٠} \times ٥٥ + \frac{٥٠}{٥٥} \times ٤٤ \right)$$

$$= \frac{١}{٣} \left(\frac{٢٢٥٠}{٤٥} + \frac{٢٧٥٠}{٥٠} + \frac{٢٢٠٠}{٥٥} \right)$$

$$= \frac{١}{٣} \left(٥٠ + ٥٥ + ٤٠ \right) = \frac{١}{٣} \left(١٤٥ \right)$$

= ٤٨,٣ سم

التباين فى كميات المطر السنوية والشهرية :

إن معرفة مدى انتظام سقوط الأمطار أو تباينها من سنة إلى أخرى تعتبر من الموضوعات التى لابد منها عند البحث فى أى مظهر من مظاهر النشاط البشرى التى يتوقف نجاحها على ضمان سقوط كميات سنوية وشهرية معروفة تقريبا مثل توفير المياه اللازمة للشرب أو للاستغلال الزراعى وتنمية الثروة الحيوانية الرعوية وغيرها .

وتظهر خطورة التباين فى كميات المطر السنوية والشهرية واضحة بصفة خاصة فى الأقاليم الجافة وشبه الجافة لأن أى نقص فى كمية الأمطار عن معدلها السنوى أو الشهرى قد يؤدى إلى خسائر جسيمة فى الإنتاج الزراعى المطرى وفى الثروة الحيوانيةالرعوية، بل وقد يؤدى كذلك إلى نقص المياه الجوفية وحدوث أزمات فى توفير مياهالشرب، ولهذا فإن حساب التباين فى كميات الأمطار السنوية والشهرية فى مثل هذه المناطق يمثل موضوعا أساسيا فى دراسة

مناخها وماله من علاقات مباشرة بعمرانها واستغلال أراضيها فى التنمية الزراعية والحيوانية .

ويستخدم للتعبير عن معدل التغير فى كمية المطر تعبيران أحدهما عكس الآخر وهما معدل التغير أو معامل التغير Variabilty ومعامل المواظبة أو الانتظام Reliability أو Dependability ، وكلما ارتفع معامل التغير كلما نقص معامل المواظبة .

وتستخدم لحساب معامل (أو معدل) التغير فى كمية المطر السنوية فى أى منطقة عدة أساليب منها :

١ ــ **الطريقة الحسابية البسيطة** وفيها يستخرج متوسط زيادات الأمطار ونقصاناتها عن المعدل السنوى فى المنطقة ، ثم يوضع هذا المتوسط فى صورة نسبة مئوية من المعدل العام ، فكلما زادت النسبة المئوية دل ذلك على أن كمية المطر تتغير تغيرا كبيرا من سنة إلى أخرى .

كما يأتى :

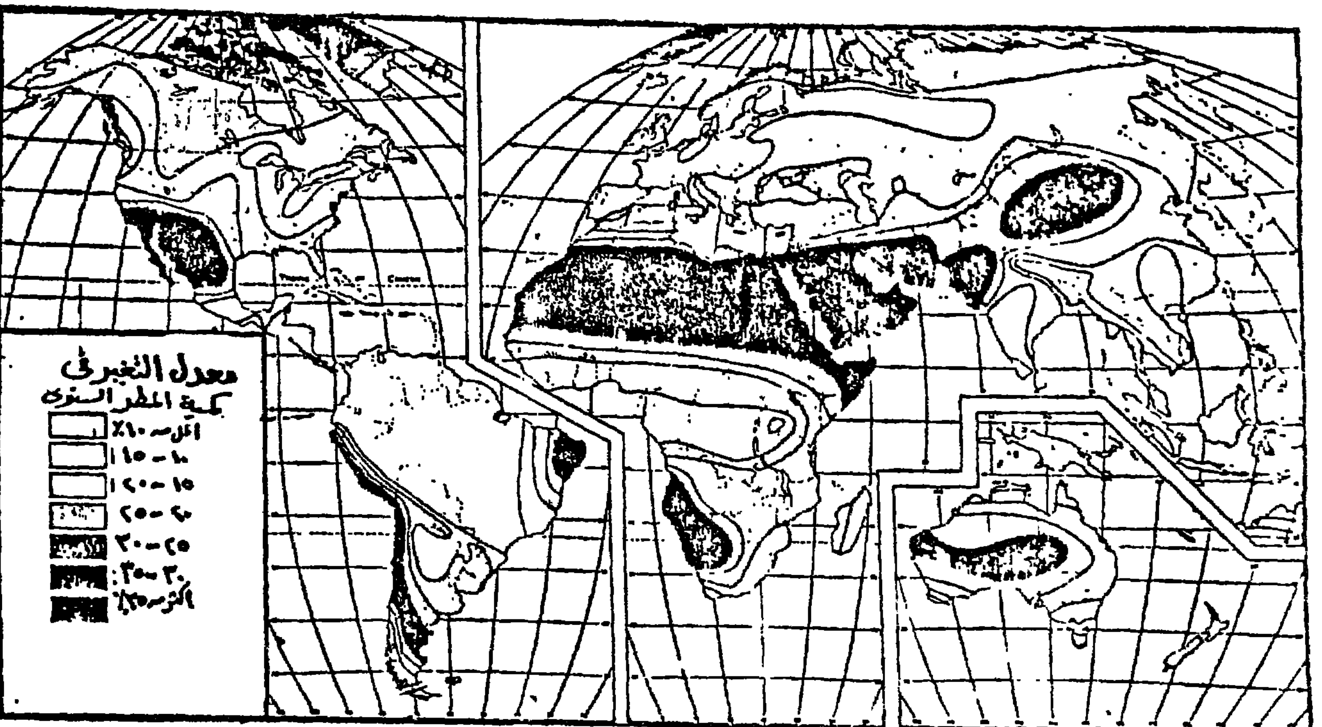
$$\text{معامل التغير} = \frac{\text{متوسط الزيادات والنقصانات عن المعدل}}{\text{معدل المطر}} \times ١٠٠$$

ويتبين من الخريطة شكل (٦٣) أن أكثر الأقاليم تعرضا لتغير كمية المطر من سنة إلى أخرى هى الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية التى يزيد معامل التغير فيها عن ٣٠٪ أما أقلها عرضة لهذا التغير فهى الأقاليم الاستوائية حيث يقل معامل هذا التغير عن ١٥٪ .

٢ ــ حساب معامل الانحراف والانحراف المعيارى :

أ ــ معامل الانحراف Variance :

المقصود بمعامل الانحراف ، أو معامل التباين ، هو معامل انحراف القيم (أى كميات الأمطار) السنوية أو الشهرية عن المتوسط .



شكل (٦٢)
معدل التغير السنوى فى كمية المطر

ولحساب معامل انحراف أمطار منطقة من المناطق خلال عدد من السنين تتبع الخطوات الآتية :

يستخرج المتوسط الحسابى لقيم أمطار هذه السنوات ، وذلك بجمعها ثم قسمتها على عددها .

تحسب الفروق بين كل القيم والمتوسط الحسابى سواء بالسالب أو بالموجب ، وتعرف هذه الفروق بالانحرافات ، ويمكن أن يرمز لها بالحرف م .

تربع كل الأنحرافات ويتم جمعها (مج م^2) .

يحسب معامل الانحراف (Variance) الذى يرمز له عادة بالرمز S^2 بالمعادلة الآتية :

$$S^2 = \frac{\text{مج م}^2}{\text{ن (عدد القيم)}}$$

ب ـ الانحراف المعيارى Standard Variation

الانحراف المعيارى ومعامل الانحراف هما صيغتان لتحقيق هدف واحد ، ويمكن استخراج أحدهما من الآخر . فإذا كان الانحراف المعيارى هو ع فإن معامل الانحراف يكون ع^2 . والعكس صحيح أى إذا كان معامل الانحراف ع^2 فإن الانحراف المعيارى يكون $\sqrt{\text{ع}^2}$ = ع

وبما أن معامل الانحراف = $\frac{\text{مج م}^2}{\text{ن}}$ فإن الانحراف المعيارى يكون $\sqrt{\frac{\text{مج م}^2}{\text{ن}}}$

وأهم فوائد حساب معامل الانحراف والانحراف المعيارى هو معرفة مدى التباين فى كميات الأمطار (أو قيم أى ظاهرة أخرى) فكلما كانا مرتفعين دل ذلك على وجود تباين كبير فى هذه الكميات ، وهما بعبارة أخرى يقيسان مقدار التشتت فى توزيع الظاهرة .

وفيما يلي على سبيل المثال حساب معامل انحراف الأمطار وانحرافها المعياري لإحدى المناطق خلال عشر سنوات (جدول ١٢)

جدول (١٢)

حساب معامل الانحراف والانحراف المعياري لأمطار إحدى المناطق

السنة	الأمطار (سم) س	الانحراف م (س — سَ)	مربعات الانحراف م٢
١٩٧٠	٩	— ٣	٩
٧١	١١	— ١	١
٧٢	٨	— ٤	١٦
٧٣	١٤	+ ٢	٤
٧٤	٦	— ٦	٣٦
٧٥	١٠	— ٢	٤
٧٦	١٥	+ ٣	٩
٧٧	١٧	+ ٥	٢٥
٧٨	١٦	+ ٤	١٦
٧٩	١٤	+ ٢	٤

المجموع ١٢٠ ١٤٤

المتوسط سَ=١٢

معامل الانحراف (ع٢) = $\frac{\text{مج م}^2}{\text{ن}}$ = $\frac{١٤٤}{١٠}$ = ١٤,٤

والانحراف المعياري (ع) = $\sqrt{\frac{\text{مج م}^2}{\text{ن}}}$ = $\sqrt{١٤,٤}$ = ٣,٨

حساب متوسط مياه المطر على أى منطقة :

من المفروض عند توزيع مقاييس المطر على أى منطقة أن تغطى هذه المقاييس معظم أجزاء المنطقة وأن تكون موزعة توزيعا صحيحا حتى تبين الاختلافات المحلية لكميات الأمطار الساقطة .

وعلى أى حال فمن الممكن استخدام أحدى الطرق الحسابية لحساب كمية المطر التى تسقط على المنطقة من قراءات المراصد الموجودة بها ، ومن أبسط هذه الطرق مايأتى :

طريقة المتوسط الحسابى
طريقة الوزن المساحى .
طريقة خطوط المطر المتساوى .

أ ـ طريقة المتوسط الحسابى :(١)

وهى أبسط طريقة لحساب متوسط كمية المطر على أى منطقة ، إذ أنها لاتتطلب أكثر من جمع متوسطات الأمطار التى تسجلها شبكة المراصد وقسمتها على عددها كما يأتى :

م (متوسط المطر على المنطقة) = $\frac{\text{مجموع الأمطار التى تسجلها كل المراصد}}{\text{عددها}}$

وهذه الطريقة تصلح للمناطق ذات السطح المستوى تقريبا ، وخصوصا إذا كانت مراصدها موزعة عليها توزيعا جيدا .

وفى المناطق الأخرى يمكن الحصول على نتائج مقبولة إذا كانت المراصد ممثلة للمنطقة تمثيلا صادقا حيث أن النقص الذى تظهره بعض المراصد تعوضه الزيادة التى تظهرها المراصد الأخرى .

وهذه الطريقة تعطى نتيجة موضوعية سريعة ، ويسهل استخدام الآلات الحاسبة لاستخراج نتائجها .

(١) Wiesner, C. J. (1970), Op. cit, P. 122.

فمثلا فرض أن شكل (٦٣) يمثل المنطقة التى يراد حساب متوسط مطارها وأن بها خمس محطات فإن المتوسط الحسابى لأمطارها على حسب المتوسطات المسجلة بجانب المحطات يكون :

$$\frac{١,٦ + ٢,٥ + ٤,٢ + ٣,٦ + ٤,١}{٥} = \frac{١٦٠}{٥} = ٣,٢ \text{ سم}$$

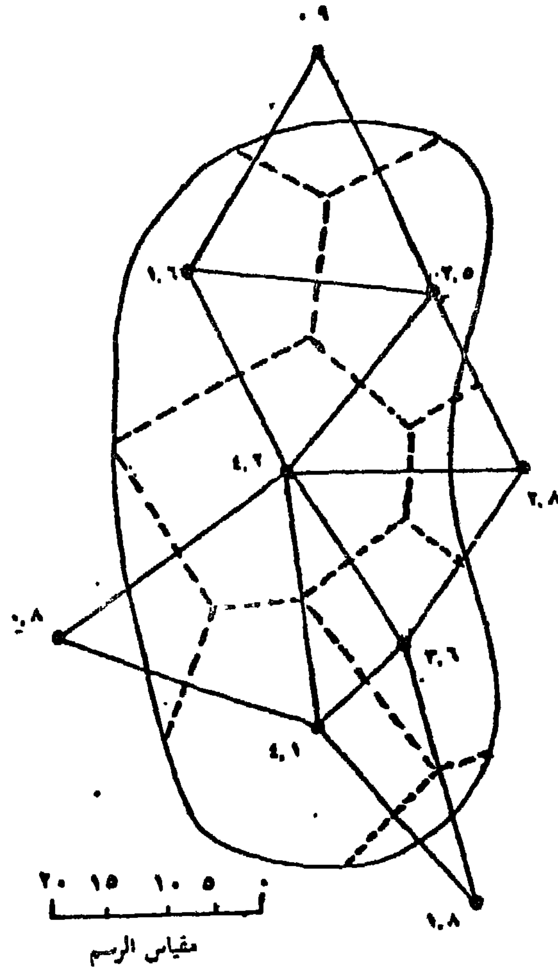
ب ـــ طريقة الوزن المساحى[١] Areal Weaghting

هذه الطريقة هى أدق الطرق إذا أحسن استخدامها ، وعند تطبيقها يعطى لكل محطة وزن يتناسب مع المساحة التى تمثلها . ولتحديد هذه المساحة توصل المحطات المتجاورة بخطوط ثم تنصف هذه الخطوط ويقام على منتصف كل منها عمود بحيث يتكون حول كل محطة شكل مضلع . ثم تحسب مساحة كل مضلع بواسطة البلانيمتر أو بأى طريقة أخرى ، مثل طريقة المربعات ، ثم تستخرج النسبة المئوية لمساحة كل مضلع إلى المساحة الكلية للمنطقة فتكون هذه النسبة هى « وزن المحطة » ، وبهذه الطريقة يكون لكل محطة فى المنطقة وزن خاص بها . مع ملاحظة أن المحطات التى تقع خارج هذه المنطقة ، والتى يلزم استخدامها فى رسم المضلعات يحسب وزنها على أساس الجزء الذى يقع داخل المنطقة فقط من المضلع الذى حولها . ويفترض فى هذه الطريقة أن التغير فى الأمطار بين المحطات يسير بانتظام بغض النظر عن توزيع المحطات . إلا فى حالة وجود اختلافات طوبوغرافية ومتيورولوجية واضحة (أنظر شكل ٦٣) والجدول (١٣) .

فإذا نظرنا إلى نفس المنطقة الممثلة بشكل ٦٣ وكانت توجد خارجها أربع محطات بجانب الخمس التى بداخلها فإن حساب متوسط أمطارها بطريقة الوزن المساحى تكون كما فى الجدول (١٣).

---

(١) [illegible]



شكل (٦٣)
حساب كمية المطر
على أى منطقة بطريقة الوزن المساحى

جـ ـــ الطريقة التى تعتمد على خطوط المطر المتساوى :

فى هذه الطريقة ترسم خطوط المطر المتساوى للمنطقة ، بحيث يراعى فى رسمها تأثير عوامل التضاريس ، واتجاه المنحدرات ، وخطوط سير العواصف الممطرة حتى تكون الخطوط معبرة عن التوزيع الحقيقى للمطر بقدر الإمكان ، ثم تقاس المساحات المحصورة بين كل خطين متجاورين من الخطوط ، ويكون

جدول (١٣) حساب متوسط أمطار أحدى المناطق بطريقة الوزن المساحى

مطر المحطات سم	المساحة (وحدات)	٪ من المساحة الكلية (الوزن المساحى)	المطر × الوزن المساحى ١٠٠
١,٦	٦,١	١٦,٣	٠,٢٦١
٤,٢	٨,٤	٢٢,٣	٠,٩٣٨
٠,٨	١,٦	٤,٤,٤	٠,٠٣٥
٤,١	٧,٥	٢٠,١	٠,٨٢٤
١,٨	٠,٨	٢,٢	٠,٠٤٠
٣,٦	٤,٧	١٢,٥	٠,٤٥٠
٢,٨	٠,٧	٢,٠	٠,٠٥٦
٢,٥	٦,٢	١٦,٤	٠,٤١٠
٠,٩	١,٤	٣,٨	٠,٠٣٤
الجملة	٣٧,٤	١٠٠,٠	المتوسط ٣,٠٥ سم

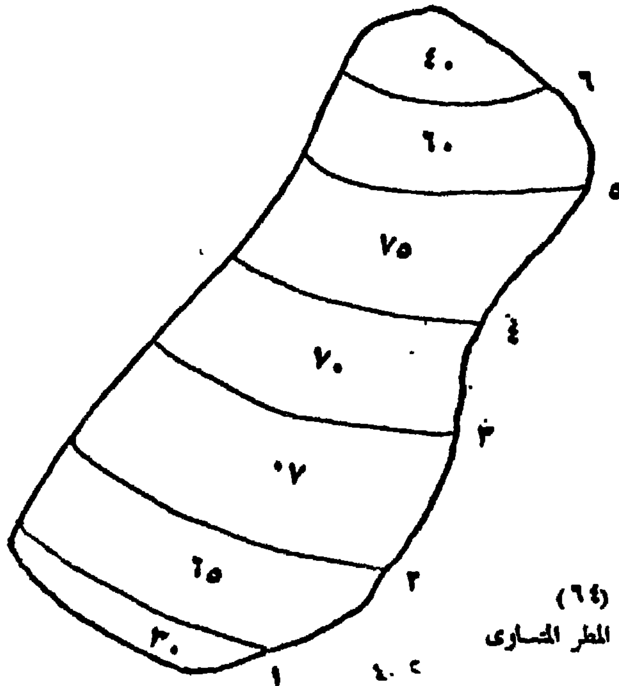
متوسط الأمطار فى كل مساحة هو متوسط قيمتى خطى المطر اللذين يحددانها ، مع مراعاة أن يكون هذا المتوسط أقرب نوعا ما إلى قيمة أطول الخطين منه إلى قيمة الخط الأقصر . ثم يضرب متوسط مطر كل منطقة فى مساحتها لتستخرج كمية المطر الساقطة عليها ، ثم تجمع كل الكميات وتقسم على مساحة المنطقة كلها فيكون الناتج هو متوسط أمطار المنطقة كما فى المثال التالى (شكل ٦٤) وجدول (١٤) .

جدول (١٤)

استخراج متوسط أمطار احدى المناطق باستخدام خطوط المطر المتساوى

خطوط المطر المتساوى	جملة المساحة بين الخطوط	صافى المساحة من كل خطين	متوسط المطر بين كل خطين	كمية المطر فى كل مساحة
٦	٤٠	٤٠	٦	٢٤٠
٥	١٠٠	٦٠	٧	٤٢٠
٤	١٧٥	٧٥	٤	٣٠٠
٣	٢٤٥	٧٠	٨	٥٦٠
٢	٣٢٥	٨٠	٤	٣٢٠
١	٣٩٠	٦٥	٦	٣٩٠
< ١	٤٢٠	٣٠	٤	١٢٠
	الجملة	٤٢٠		٢٣٥٠

متوسط أمطار المنطقة $= \frac{٢٣٥٠}{٤٢٠} =$ ٥,٦ سم



شكل (٦٤)

طريقة خطوط المطر المتساوى

---

(١) نعمان شحادة ــ مرجع سبق ذكره ــ ص ٨٥ ــ ٨٧

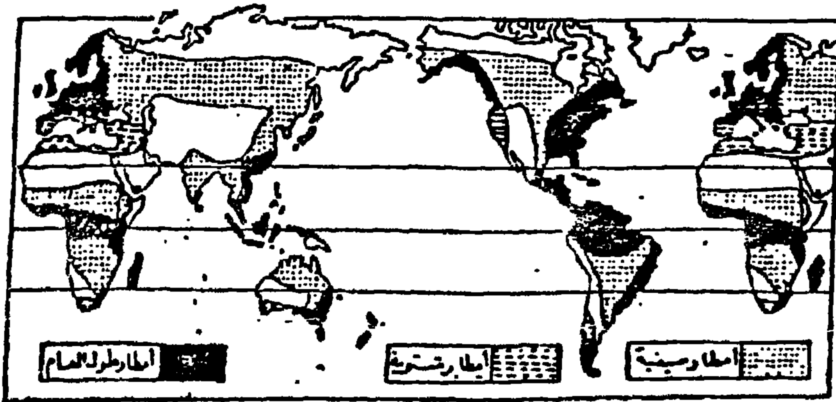
نظم المطر Rainfall Regimes

المقصود بنظام المطر هو كيفية توزيعه على أشهر وفصول السنة . وهو يتضمن بالضرورة معرفة معدلاته السنوية والشهرية والعوامل التى لها دخل فى سقوطه وغزارته وأنواعه وأشكاله ومدى انتظامه أو تذبذبه .

وقبل أن نستعرض أهم نظم المطر فى العالم يحسن أن نلقى نظرة عامة على التوزيع الفصلى العام للأمطار على سطح اليابس كما هو موضح فى الخريطة المبسطة شكل (٦٥) . وفيها يتضح أن الأقاليم المطرة تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى :

١ ــ أقاليم ممطرة طول العام :

وتوجد عموما على امتداد خط الاستواء ، وفى المناطق المطلة على المحيطات فى شرق القارات وخصوصا فى الجزر والمناطق الساحلية فى العروض المدارية وغرب أوروبا وعلى السواحل الشمالية الغربية لأمريكا الشمالية والجنوبية الغربية لأمريكا الجنوبية ، وفى جزر نيوزيلنده .



شكل (٦٥)
التوزيع الفصلى
للأمطار على سطح الكرة الأرضية

٢ ـــ أقاليم ممطرة صيفا :

وتوجد عموما إلى الشمال وإلى الجنوب من الأقاليم الممطرة طول العام حول خط الاستواء . والأقاليم التى تهب عليها الرياح الموسمية الممطرة صيفا والموسمية الجافة شتاء وأهمها الهند ومعظم شرق آسيا والحبشة وشمال استراليا والأقاليم الداخلية المعتدلة فى شرق أوروبا وغرب آسيا ووسط أمريكا الشمالية .

٣ ـــ أقاليم ممطرة شتاء :

وهى موجودة فى غرب القارات بين خطى عرض ٣٠° ، ٤٠° فى نصفى الكرة ، وأكبرها هو أقليم حوض البحر المتوسط فى العالم القديم ، وإلى جانبه توجد أشرطة ساحلية فى غرب أمريكا الشمالية (كاليفورنيا) وفى غرب أمريكا الجنوبية (شيلى) وفى الطرف الجنوبى الغربى لافريقيا والطرف الجنوبى الغربى لاستراليا (وسنعود لذكر هذه المناطق عند الكلام على نظام البحر المتوسط وهو النظام المعروف لهذه الأقاليم) .

ولكن على الرغم من تمييزنا لهذه الأنواع الثلاثة من الأقاليم الممطرة فيجب ألا نتصور أن هناك حدودا واضحة بين بعضها وبعض أو بين بعضها والمناطق الصحراوية المجاورة لها ، لأن أقاليم المطر ، بل الأقاليم المناخية عموما ، تتداخل فى بعضها بشكل تدريجى فى أغلب الأحيان بحيث تظهر بين بعضها وبعض أقاليم انتقالية يصعب ضمها إلى أى منها ، ففيما بين الأقاليم الممطرة طول العام والأقاليم التى يسقط مطرها شتاء أو الممطرة صيفا توجد أقاليم يسقط مطرها فى فصلين أو أكثر . وفيما بين الأقاليم الممطرة والأقاليم الصحراوية توجد أقاليم متوسطة قد يكون بعضها أقرب إلى الأولى وبعضها الآخر أقرب إلى الثانية ، بل كثيرا مانجد بين الأقاليم التى تنتمى إلى نظام واحد اختلافات جوهرية فى كمية المطر أو توزيعه على الأشهر أو نوعيته وعوامل سقوطه . وذلك بسبب اختلاف الظروف المحلية التى لها دخل فى سقوط المطر أو فى توزيعه الزمانى أو المكانى وأهمها الموقع والتضاريس .

وفيما يلي عرض موجز لأهم نظم المطر في العالم (شكل ٦٦) وهي :ـــ

١ ـــ النظام الاستوائي : ويظهر في الأقاليم الواقعة حول خط الاستواء ويمتاز بأن أمطاره تسقط بغزارة طول السنة ، إلا أن لها قمتين تتفقان مع فصلي الربيع والخريف ، وهما الفصلان اللذان تكون الشمس فيهما متعامدة على خط الاستواء ، ويمكننا أن نلاحظ وجود هاتين القمتين بوضوح إذا راجعنا أرقام بلدة أكاسا في غرب إفريقية والمنحنى البياني الذي يوضحها ، ويتراوح المعدل السنوي للمطر في معظم مناطقه بين ١٥٠ و ٢٥٠ سنتيمترا .

٢ ـــ النظام شبه الاستوائي (أو دون الاستوائي) : ويظهر مابين خطي عرض ٥° و ٨° تقريبا في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي ، وأمطاره أقل نوعا ما من أمطار النظام الاستوائي ، كما أنه يتميز عنه بظاهرتين هما :

أ ـــ جفاف فصل الشتاء تقريبا .

ب ـــ اقتراب قمتي المطر بحيث تظهر إحداهما في أوائل فصل الصيف والثانية في أواخره ، ويزداد تقارب قمتي المطر كلما بعدنا عن خط الاستواء نتيجة لتناقص طول المدة التي تفصل بين مرتي تعامد الشمس على العروض الواقعة بين المدارين . ويتراوح المعدل السنوي لأمطار هذا النظام بين ١٠٠ و ١٥٠ سنتيمترا ، وتمثله بلدة منجلا في جنوب السودان .

٣ ـــ النظام المداري القاري (أو السوداني) : وأهم مايتميز به هو سقوط الأمطار كلها تقريبا في فصل الصيف ، وهو يظهر على جانبي النظام دون الاستوائي حتى خط عرض ١٨° تقريبا في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي ، وفيه تختفي قمتا المطر اللتان لاحظنا وجودهما في النطاقين السابقين وتحل محلهما قمة واحدة في منتصف فصل الصيف ، ويتمثل هذا النظام بصفة خاصة في بلاد السودان ، ويتراوح المعدل السنوي لأمطاره بين ٤٠ و ١٠٠ سنتيمتر ، وتمثله بلدة الدويم على النيل الأبيض في السودان .

ويلاحظ أن أمطار النظم الثلاثة السابقة كلها تقريبا من نوع أمطار التيارات



شكل (٦٦) أهم نظم المطر في العالم

الصاعدة ، التى تنشأ نتيجة لسخونة الهواء القريب من سطح الأرض وارتفاعه إلى أعلى ، ولذلك فإن قمتها تتفق غالبا مع وقت تعامد الشمس .

٤ ــ النظام المدارى البحرى (أو نظام موزمبيق) : ويظهر على بعض السواحل الشرقية للقارات إلى الجنوب من النطاق الاستوائى وتسقط أمطاره طول العام-ففى فصل الصيف تدخل هذه السواحل فى نطاق الضغط المنخفض الاستوائى وتسقط عليها الأمطار بسبب التيارات الصاعدة،أما فى فصل الشتاء فإنها تدخل فى نطاق الرياح التجارية الجنوبية الشرقية بسبب تزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الشمال . ونظرا لأن هذه الرياح تهب من ناحية بحار دافئة فانها تؤدى إلى سقوط كميات كبيرة من الأمطار ، وهو يتمثل بصفة خاصة على سواحل موزمبيق وسواحل جنوب شرق البرازيل والأرجنتين وجنوب شرق الولايات المتحدة . ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ١٠٠ و ٢٠٠ سنتيمتر .

٥ ــ النظام الموسمى : وهو يشبه النظام السودانى فى أن أمطاره تسقط صيفا ، ولكن الأمطار الموسمية تكون غالبا أشد غزارة من أمطار النظام السودانى وسببها غالبا هو الرياح الموسمية الصيفية التى تهب من المحيطات نحو اليابس ، خصوصا نحو الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من القارات ، ويظهر هذا النظام فى مناطق واسعة فى جنوب شرق وشرق آسيا ، وكذلك فى جنوب شرق الولايات المتحدة ، وتمثله مدينة بمباى فى الهند ، وتتباين معدلات أمطاره تباينا كبيرا من مكان إلى آخر ، ولكنها تتراوح عموما بين ١٥٠ و ٣٠٠ سنتيمترا فى السنة .

٦ ــ نظام البحر المتوسط : وفيه تسقط كل الأمطار أو معظمها فى فصل الشتاء ، وهو يظهر على السواحل الغربية للقارات مابين خطى عرض ٣٠° و ٤٠° تقريبا ، وتسقط أمطاره بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاقها . وأكبر منطقة يظهر فيها هى حوض البحر المتوسط والبلاد المحيطة به فى جنوب أوروبا وشمال إفريقية وغرب آسيا ، وهذا هو السبب فى

تسميته بنظام البحر المتوسط ، وتمثله بلدة أزمير فى تركيا . ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ٥٠ و ١٥٠ سنتيمترا .

٧ـ نظام السواحل الشرقية المعتدلة : ويظهر فى نفس العروض التى يظهر فيها نظام البحر المتوسط ولكن على السواحل الشرقية للقارات ، وتسقط أمطاره طول السنة تقريبا ، ففى فصل الصيف تسقط الأمطار بسبب الرياح الموسمية أو الرياح التجارية التى تهب على هذه السواحل من ناحية البحر ، أما فى فصل الشتاء فتسقط بسبب المنخفضات الجوية التى تأتى من ناحية الغرب عندما تدخل هذه السواحل فى نطاق الرياح الغربية ، بسبب تزحزح نطاقات الضغط العامة نحو خط الاستواء ، ولكن الأمطار الصيفية تكون أغزر بكثير من أمطار الشتاء . ويوجد هذا النظام بصفة خاصة فى إقليم ناتال بجنوب شرق إفريقية وفى جنوب ووسط الصين ، وتمثله مدينة تشو نكنج «Chung King» وهو الذى يطلق عليه احيانا اسم النظام الصينى . ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ١٠٠ و ٢٠٠ سنتيمتر .

٨ ـ نظام غرب أوروبا : ويوجد على السواحل الغربية للقارات إلى الشمال من نظام البحر المتوسط فى نصف الكرة الشمالى وإلى الجنوب منه فى نصفها الجنوبى ، وتسقط أمطاره طول السنة بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية التى تهب على هذه السواحل من ناحية البحر . وتزداد الأمطار بصفة خاصة فى فصلى الشتاء والخريف اللذين تكثر فيهما المنخفضات . وأكبر منطقة يتمثل فيها هذا النظام هى السواحل الغربية لأوروبا ، وهذا هو السبب فى تسميته باسمها ، وتمثله مدينة فالنسيا على الساحل الغربى لأيرلندة ، ويتراوح المعدل السنوى لأمطاره بين ١٠٠ و ٢٥٠ سنتيمترا .

٩ ـ النظام القارى فى العروض المعتدلة : ويوجد فى الأجزاء الداخلية من القارات فى نطاق الرياح الغربية ، وتسقط معظم أمطاره فى فصلى الصيف والربيع لأن اليابس يكون وقتئذ مركزا لضغط منخفض، ولهذا فإن الرياح الغربية والمنخفضات الجوية تستطيع أن تتوغل كثيرا فى اليابس . وتسقط بعض

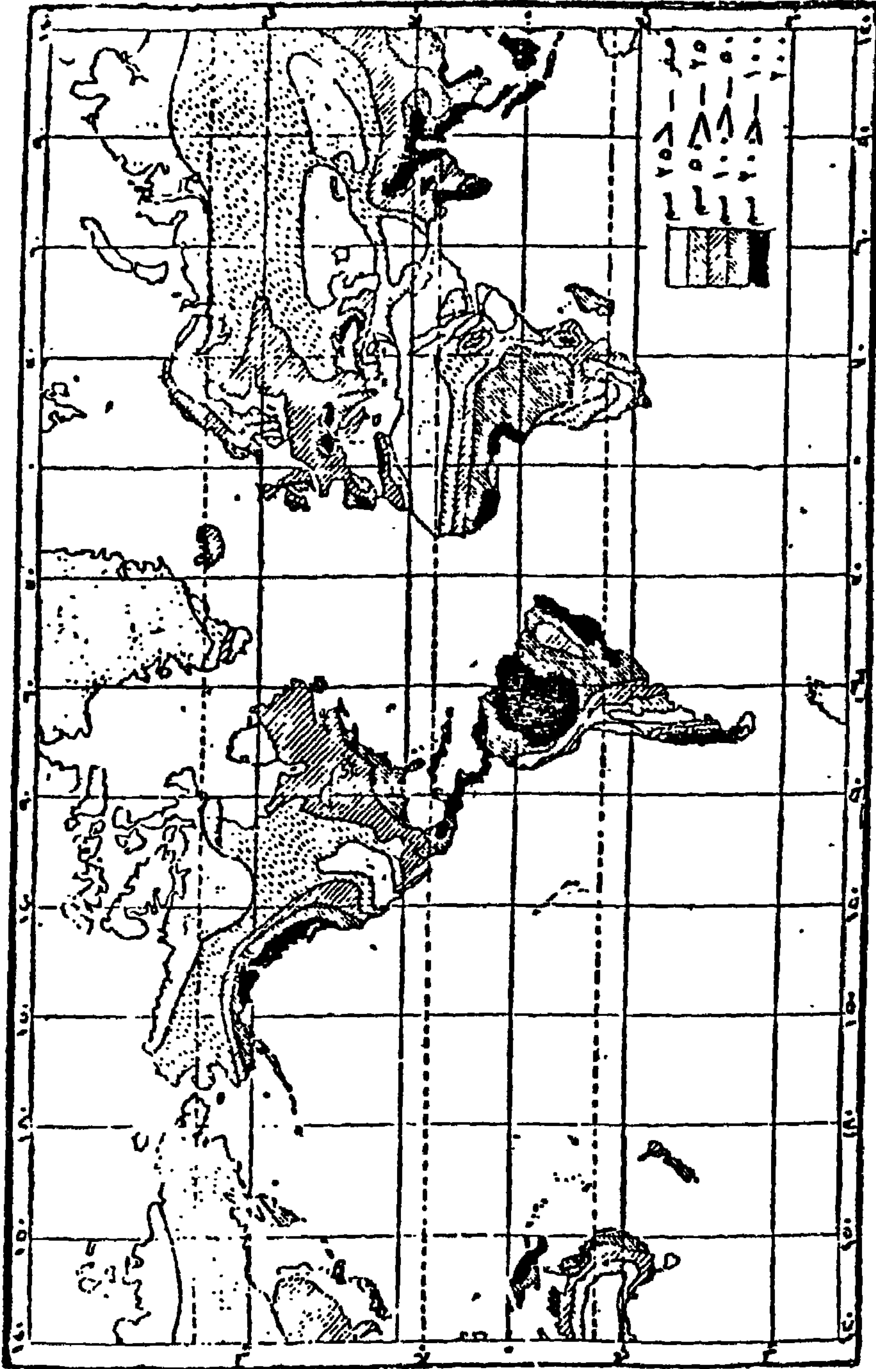
أمطار هذا النظام أيضا بسبب التيارات الصاعدة التى تنشط فى فصلى الصيف والربيع نتيجة لاشتداد حرارة اليابس ، وهو يظهر فى مساحات واسعة فى وسط وشرق أوروبا ، وفى السهول الوسطى لأمريكا الشمالية ، وتمثله مدينة كييف فى أوكرانيا ، وتتراوح معدلات أمطاره السنوية بين ٥٠ و ١٢٠ سنتيمترا .

١٠ ـ النظام الصحراوى : وأمطاره قليلة جدا بحيث لاتكفى لقيام حياة نباتية ذات قيمة تذكر ، والواقع أن المطر الصحراوى ليس له نظام واضح لا فى كميته ولا فى توزيعه الزمنى أو المكانى ، فقد ينقطع سقوطه لبضع سنوات ثم يعود فيهمر فجأة بغزارة متناهية يترتب عليها جرف التربة وقطع الطرق وغرق القرى والواحات . وهو عادة من مطر التصعيد الذى تأتى به عواصف رعد شديدة . ومع ذلك فإن أمطار بعض الصحارى الواقعة على أطراف الأقاليم الممطرة تكون منتظمة نوعا ما ، ويكون موسم سقوطها هو نفس موسم سقوطها فى المناطق الممطرة . ففى الأطراف الشمالية للصحراء الكبرى مثلا يكون الموسم الرئيسى للمطر هو فصل الشتاء تبعا لموسم سقوطه فى حوض البحر المتوسط ، بينما يكون الموسم فى الأطراف الجنوبية هو فصل الصيف تبعا لموسم سقوطه فى نطاق السفانا . ولاتزيد أمطار المناخ الصحراوى عموما عن ٢٥ سم . وحيثما تكفى الأمطار لنمو حشائش تصلح كمراع فقيرة يمكن أن يوصف المناخ بأنه شبه صحراوى .

توزيع الأمطار على سطح اليابس

تبين الخريطة شكل (٦٧) توزيع المعدلات السنوية للامطار فى العالم ، ويمكننا بمجرد النظر إليها أن ندرك أن الأمطار لاتخضع فى توزيعها على سطح الأرض لعامل واحد ، بل انها تتأثر بعوامل كثيرة أهمها :

١ ـ وجود المسطحات المائية ، فالمناطق التى تحيط بها بحار واسعة تكون فى العادة أكثر مطرا من المناطق البعيدة عن البحار ، ويرجع ذلك إلى أن الهواء



شكل (٦٧) توزيع المعدلات السنوية للأمطار في العالم

فى المناطق الأولى يكون اكثر رطوبة من الهواء فى المناطق الثانية ، وذلك على فرض تساويهما فى درجة الحرارة ونظام التضاريس .

٢ — ارتفاع درجة الحرارة فهذا الارتفاع يساعد على نشاط عملية التبخر وازدياد الرطوبة فى الهواء ، فضلا عن أنه يساعد على نشاط حركة التيارات الصاعدة .

٣ — مظاهر التضاريس ، فالمناطق الجبلية تكون عادة أكثر مطرا من السهول ، وتكون المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح دائما أغزر مطرا من المنحدرات الأخرى . وكثيرا مايؤدى وجود سلاسل جبلية مرتفعة إلى ظهور مناطق صحراوية فى السهول المجاورة لها .

٤ — اتجاه الرياح ونوع الهواء الذى تأتى به ، فالرياح التى تهب من ناحية البحر تساعد على سقوط الأمطار ، على العكس من الرياح التى تهب من ناحية اليابس ، والرياح التى تهب من بحار دافئة أو تمر على تيارات بحرية حارة تكون أكثر مطرا من الرياح التى تهب من بحار باردة أو تمر على تيارات مائية باردة .

٥ — المنخفضات الجوية والأعاصير ، فهى كما رأينا فى الفصول السابقة تعتبر من العوامل المهمة التى تساعد على كثرة الأمطار فى البلاد التى تتعرض لها .

هذا هو ملخص العوامل التى تتدخل فى توزيع الأمطار ، ويلاحظ مع ذلك أنه لاتوجد حدود واضحة تفصل بين تأثير كل عامل من هذه العوامل وتأثير العوامل الأخرى ، خصوصا وأن كثرة الأمطار أو قلتها فى أى إقليم من الأقاليم تكون غالبا راجعة إلى عدة عوامل تعمل جنبا إلى جنب وليس إلى عامل واحد .

النطاقات العامة للمطر :

بقسم سطح اليابس على أساس الأمطار إلى عدة نطاقات ... كل

منها عددا من الأقاليم الموزعة فى القارات المختلفة ، ويتميز كل نطاق من هذه النطاقات ببعض الصفات العامة المتعلقة بنظام سقوط الأمطار وكميتها ، والعوامل التى تسببها وتتحكم فى توزيعها ، وكثيرا مايحدث مع ذلك أن تختلف الأقاليم التى يضمها النطاق الواحد بعضها عن بعض ، على حسب الظروف المحلية الخاصة بكل منها وفيما يلى وصف مختصر للظروف السائدة فى نطاقات المطر الرئيسية فى العالم وهى :

اولا : النطاق الاستوائى .

ثانيا ـ نطاق الرياح التجارية .

ثالثا ـ نطاق الرياح الموسمية (المدارية) .

رابعا ـ نطاق الرياح الغربية ويشمل :

١ ـ غرب القارات المعتدل الدافىء ، كما يمثله حوض البحر المتوسط .

٢ ـ غرب القارات المعتدل البارد ، كما يمثله غرب أوروبا .

٣ ـ الأقاليم القارية المعتدلة فى داخل اليابس .

٤ ـ الأقاليم المعتدلة فى شرق القارات .

أولا ـ النطاق الاستوائى :

يشمل هذا النطاق الأقاليم الواقعة حول خط الاستواء حيث توجد مناطق الركود الاستوائى ، ويتميز بغزارة أمطاره التى يبلغ معدلها السنوى حوالى ١٥٠ سنتيمترا أو أكثر ، وهى غالبا من نوع أمطار التصعيد ، وتتبع فى سقوطها نظاما يوميا مألوفا ، فهى تسقط كل يوم تقريبا بعد الظهر ويكون سقوطها بغزارة شديدة بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء ومقدرته على حمل كميات عظيمة من بخار الماء ، وكثيرا ماتصاحبها عواصف رعد شديدة .

وهذا النظام اليومى للأمطار ليس إلا نتيجة للنظام اليومى لدرجة الحرارة ، فقبيل شروق الشمس مباشرة يظهر الضباب الذى يتكون بسبب برودة سطح الأرض نسبيا أثناء الليل ، إلا أن هذا الضباب لايلبث أن ينقشع بعد شروق

الشمس بقليل ، وتأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع بسرعة ويتبع ذلك نشاط مستمر فى التيارات الهوائية الصاعدة . وحوالى الظهر يكون هذا النشاط قد بلغ أشده ، فتحتجب السماء بكتل عظيمة السمك من سحب المزن الركامى ، ويظهر البرق والرعد وتتدفق الأمطار بغزارة شديدة ، وتستمر على ذلك حتى قرب غروب الشمس ، ثم يصفو الجو من جديد ويستمر على ذلك حتى الصباح التالى ، وهكذا .

إلا أن هذا النظام قد يتغير فى بعض المناطق تبعا لظروف محلية خاصة ، ففى غرب إفريقية ووسطها مثلا تظهر بعض الأعاصير المدارية التى يطلق عليها هنا اسم الترنادو[1] ، وهى تنشأ عند التقاء رياح الهارماتان الجافة التى تهب من الصحراء الكبرى بالرياح الجنوبية الغربية الرطبة ، التى كانت فى الأصل رياحا تجارية جنوبية شرقية ثم انحرفت نحو الشرق بعد عبورها خط الاستواء ، ويمكن أن تظهر هذه الأعاصير فى أى ساعة من ساعات اليوم سواء أثناء الليل أو أثناء النهار ، ويؤدى ظهورها إلى تدفق الأمطار بغزارة متناهية ، ولكنها لاتدوم غالبا إلا لفترة قصيرة قد لاتزيد على ربع ساعة .

ويتميز كل اقليم من الأقاليم التى تدخل فى النطاق الاستوائى بظروف خاصة يختلف بها عن غيره من الأقاليم ، وتلعب التضاريس ونظام هبوب الرياح دورا مهما فى توزيع الأمطار ، فهى تكثر بصفة خاصة على منحدرات الجبال وعلى السواحل التى تواجه الرياح مباشرة ، ففى إفريقية مثلا يزيد معدل مايسقط سنويا فوق المنحدرات الغربية لجبال الكمرون على عشرة أمتار ، وذلك لأن الرياح الجنوبية الغربية المحملة بالرطوبة تهب عمودية عليها طول السنة تقريبا ، أما حوض الكنغو فلا يزيد المعدل السنوى للمطر فى معظم أجزائه على ١٥٠ سنتيمترا ، وذلك بسبب انخفاضه بالنسبة للأقاليم المرتفعة التى تحيط به من جميع الجهات تقريبا ، إذ أن هذه الأقاليم تحول دون وصول الرياح الممطرة إليه . وأمطار هذا الحوض موزعة بانتظام على جميع أشهر السنة ، ولكنها تزداد نوعا

(١) هذا الترنادو يختلف عن الترنادو الذى يظهر فى الأقاليم المعتدلة ، الذى سبق وصفه

مافى فصلى تعامد الشمس ، لأنها كلها تقريبا من أمطار التصعيد التى تزداد بازدياد درجة الحرارة .

ومما يستلفت النظر أيضا ، أننا نجد فى نفس هذا النطاق منطقة شبه صحراوية تشغل معظم الصومال فى شرق القارة ، ففى أغلب أجزاء هذه المنطقة لايزيد معدل المطر السنوى على ٧٥ سنتيمترا ، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل أهمها : ١ — أن الرياح التجارية الشمالية الشرقية التى تهب عليها شتاء تكون جافة بصفة عامة لأنها تأتى من آسيا و ٢ — أن الرياح الجنوبية الغربية التى تهب عليها فى فصل الصيف يكون أغلبها موازيا للساحل و ٣ — انخفاض سطح المنطقة وشدة حرارتها مما يؤدى إلى انخفاض الرطوبة النسبية للهواء الذى يصل اليها و ٤ — وقوعها فى منطقة ظل المطر بالنسبة لهضبة البحيرات التى تقف فى طريق أى رياح ممطرة قد تصل إليها من ناحية الغرب . وفى داخل نفس هذا النطاق توجد هضبة البحيرات ، وهى على الرغم من كونها أكثر مطرا من الصومال فان مطرها يقل بنحو ٥٠ سم عن مطر حوض الكنغو حيث يبلغ معدله حوالى ١٠٠ سم . وسبب ذلك هو أن ارتفاعها يؤدى إلى انخفاض درجة حرارتها وضعف تياراتها الصاعدة بالنسبة لهما فى حوض الكنغو .

وإذا انتقلنا إلى أمريكا الجنوبية نستطيع أن نميز فى المنطقة الاستوائية أربعة أقسام :

١ — الساحل الممتد من جنوب مصب الأمزون نحو الشمال حتى مصب الأورينوكو ، وهنا تهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية عمودية على الساحل طول السنة تقريبا ، مما يؤدى إلى غزارة الأمطار ، التى يتراوح معدلها السنوى مابين ٢٠٠ و ٢٥٠ سم

٢ — منحدرات جبال الإنديز المشرفة على حوض الأمزون من ناحية الغرب، ويزيد معدل أمطارها على ٢٥٠ سنتيمترا ، لأن الرياح التجارية التى

تهب من الشرق تسقط كل أمطارها عندما تصادمها

٣ — سهول الأمزون بين القسمين السابقين ، ومعدل أمطارها أقل نسبيا منهما ويتراوح معدلها السنوى بين ١٥٠ و ٢٠٠ سم .

٤ — الهضاب المحصورة بين سلاسل الإنديز ، وهذه رغم أن ارتفاعها يصل إلى ٢٨٠٠ متر أو أكثر فى بعض المواضع فإن أمطارها قليلة نسبيا ، لأن الجبال التى تحيط بها من جميع الجهات تحول دون وصول الرياح الممطرة إليها ، سواء من الشرق أو من الغرب ، ويتراوح المعدل السنوى هنا مابين ١٠٠ و ١٢٥ سنتيمترا .

وتعتبر جزر إندونيسيا من أهم الأقاليم التى يضمها هذا النطاق ، ولكن نظرا لوقوعها بين آسيا فى الشمال وأستراليا فى الجنوب ، فإنها تتأثر بالرياح الموسمية الصيفية والشتوية على حد سواء ، وتكون كل منهما سببا فى سقوط أمطار غزيرة لأنها تمر على مساحات واسعة من المياه الدافئة ، ويزيد معدل مايسقط من الأمطار فى هذه الجزر بصفة عامة على ٢٥٠ سنتيمترا فى السنة ، إلا أن الفصل الذى تبلغ فيه قمتها يختلف باختلاف الموقع بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة ، ففى جاكارتا (بتافيا) مثلا وهى على الساحل الشمالى لجزيرة جاوة تبلغ الأمطار قمتها فى يناير وفبراير عندما يشتد هبوب الرياح الموسمية الشمالية الغربية ، أما على الساحل الجنوبى للجزيرة فتبلغ الأمطار قمتها فى يونيو ويوليو ، عندما يشتد هبوب الرياح التجارية الشرقية .

ثانيا — نطاق الرياح التجارية :

نظرا لأن الأقاليم التى تنتقل إليها الرياح التجارية تكون على وجه الإجمال أشد حرارة من الأقاليم التى تهب منها فانها تبدو منخفضة الرطوبة نسبيا ، على الرغم من أنها تكون أحيانا محملة بكميات عظيمة من بخار الماء ، ومع ذلك فانها إذا صادفت أرضا جبلية مرتفعة فان هذا البخار يتكثف ويسقط على شكل مطر يكون شديد الغزارة فى كثير من الأحيان ، ويظهر ذلك حتى فى المناطق

الصحراوية التى توجد بها سلاسل جبلية أو هضاب مرتفعة تعترض طريق الرياح ، فقد تسقط فى هذه الحالة كمية من المطر تكفى لتكوين مجار نهرية صغيرة أو كبيرة على حسب الكمية الساقطة ، ومثال ذلك المجارى التى توجد حول مرتفعات تيبستى فى الصحراء الكبرى ، حيث أن الرياح التجارية تسقط على هذه الجبال بعض الأمطار التى كانت سببا فى قيام بعض الواحات حولها .

وعند دراسة الأمطار فى نطاق الرياح التجارية (باستثناء الأقاليم التى لها نظام موسمى) يجب أن نميز بين السواحل الشرقية والسواحل الغربية للقارات ، ثم بين كل من هذه السواحل والمناطق التى تقع فى الداخل بعيدا عن البحر ، فالسواحل الشرقية تكون غالبا أكثر مطرا من السواحل الغربية أو المناطق الداخلية ، وذلك لأن الرياح التجارية تهب عليها بعد مرورها على مساحات واسعة من المياه الدافئة، ولذلك فإنها تكون سببا فى سقوط أمطار غزيرة طول السنة تقريبا ، ولكنها تزداد بصفة خاصة فى فصل الصيف لأن اليابس يكون فى هذا الفصل مركزا لضغط منخفض تندفع نحوه الرياح التجارية بقوة ، وتكون لها صفات الرياح الموسمية ، أما فى فصل الشتاء فيحدث العكس حيث تتكون على اليابس مناطق من الضغط المرتفع فلاتستطيع الرياح التجارية أن تتوغل فى داخله ، وتكون غالبا أقل أمطارا منها فى فصل الصيف ، وكلما اتجهنا نحو الغرب أخذت كمية الأمطار فى التناقص حتى نصل فى النهاية إلى مناطق صحراوية جافة ، وهذا هو السبب فى أن أغلب الصحارى المدارية فى العالم تقع فى غرب القارات ومن أشهرها الصحراء الكبرى فى شمال إفريقية وامتدادها فى غرب آسيا ، وصحراء كلهارى وناميبا فى جنوب غرب إفريقية ، وصحراء أتكاما فى شيلى ، وصحارى وسط استراليا وغربها .

ففى جنوب افريقية مثلا نلاحظ أن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية تهب طول السنة على سواحلها الشرقية الممتدة إلى الجنوب من خط الاستواء حتى شمال نلتال- تقريبا ، ونظرا لأن هذه الرياح تمر قبل وصولها إلى الساحل على مساحات واسعة من الماء وبالأخص على مياه تيار موزمبيق الحار فانها تكون

محملة بكميات كبيرة من بخار الماء ، وتكون سببا فى سقوط أمطار غزيرة على الساحل الشرقى وعلى المنحدرات المواجهة له من الهضبة ، أما الساحل الغربى والأراضى المتاخمة له فانها تكون واقعة فى منطقة ظل المطر ، ولهذا السبب ظهرت صحراء كلهارى وناميبيا فى غرب القارة ، أما الأمطار التى تسقط إلى الشمال من هذه الصحارى فكلها تعريبا من نوع أمطار التصعيد التى تكثر فى النطاق الاستوائى .

ويلاحظ أن الرياح التجارية لاتسقط أمطارا تذكر على المحيطات إلا إذا صادفت جزرا سطحها جبلى ، ومن الطبيعى أن تكون الأمطار على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح أغزر بكثير منها على المنحدرات الأخرى ، فجزيرة جاميكا مثلا تخترقها سلسلة جبلية تمتد من الشرق إلى الغرب ، ويصل ارتفاعها إلى أكثر من ٢٠٠٠ متر ، ولهذا فبينما يبلغ المعدل السنوى للمطر فى بورت انتونيو «Port Antonio» الواقعة على الساحل الشمالى المواجه لهبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية ٣٥٠ سنتيمترا فانه يبلغ ١٠٠ سنتيمتر فى كنجستون «Kingston» على الساحل الجنوبى .

أما الجزر السهلية فتكون عادة أقل مطرا من الجزر ذات السطح الجبلى ، ففى جزر بهاما مثلا لايزيد معدل المطر السنوى عن ١٢٥ سنتيمترا ، وقد ينخفض أحيانا إلى أقل من ٧٥ سنتيمترا ، وهذه حقيقة لها أهميتها لأن الجزر السهلية ، على الرغم من أنها من أصلح الجزر للزراعة ، إلا أن قلة أمطارها تعتبر أحيانا من المشكلات التى تعترض زراعة كثير من الغلات .

ثالثا ـــ نطاق الرياح الموسمية (المدارية) :

سبق أن ميزنا فى فصل سابق بين الرياح الموسمية الصيفية والرياح الموسمية الشتوية ، وذكرنا أن الأولى دافئة رطبة أما الثانية فباردة جافة ، ولذلك فان الأمطار الموسمية تسقط فى جملتها فى فصل الصيف ، ففى بمباى مثلا نجد أن معدل مايسقط من المطر فى الأربعة أشهر التى أولها يونيو وآخرها سبتمبر هو ١٧٢ سنتيمترا وذلك من المعدل السنوى وقدره ١٨٣ سنتيمترا

وقد يختلف نظام الرياح الموسمية وتوزيعها اختلافا كبيرا من منطقة إلى أخرى على حسب الظروف المحلية الخاصة بالموقع ونظام التضاريس ، ففى جزيرة سيلان مثلا لايقتصر سقوط الأمطار على فصل الصيف عند هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، إذ أنها تسقط كذلك فى فصل الشتاء ، لأن الرياح الموسمية التى تهب على الجزيرة فى هذا الفصل من الشمال الشرقى تمر قبل وصولها إليها على خليج بنغال ، فتحمل مقادير كبيرة نسبيا من بخار الماء ، وتكون سببا فى سقوط بعض الأمطار على الأجزاء الشرقية منها ، خصوصا على منحدرات الجبال التى تواجهها مباشرة ، ومثل هذا يقال أيضا على جزر اليابان ، وساحل أنام فى الهند الصينية ، وجزر الفلبين ، وجزيرة فورمورا ، إذ أن الرياح الموسمية الشتوية الخارجة من القارة لاتصل إلى هذه المناطق إلا بعد مرورها على بحر اليابان أو بحر الصين ، ولهذا فان الأمطار فى كل هذه المناطق تسقط طول العام تقريبا ، ولكنها تكون غزيرة بصفة خاصة على السواحل والمنحدرات الغربية فى فصل الشتاء ، وعلى السواحل والمنحدرات الشرقية فى فصل الصيف تبعا لاختلاف اتجاه الرياح ، ويلاحظ كذلك أن بعض الأقاليم الموسمية تتعرض فى فصل الشتاء لمرور كثير من المنخفضات الجوية التى يترتب عليها سقوط الأمطار فى هذا الفصل ، وتعتبر الصين من أحسن الأمثلة لهذا النوع من الأقاليم .

وتتميز الأقاليم الموسمية عموما بأنها من أكثر أقاليم العالم تعرضا لحدوث تغيرات واضحة فى كمية الأمطار ، بل وفى طول الفصل الممطر من سنة إلى أخرى ، فقد يحدث أن تؤدى قلة الأمطار فى بعض السنين إلى هبوط شديد فى المحصولات الزراعية ، فيسود الجدب والقحط كما يحدث كثيرا فى الهند والصين ، وفى سنين أخرى تشتد غزارة الأمطار بدرجة يترتب عليها حدوث فيضانات غاية فى الخطورة كما حدث مثلا فى الصين فى سنة ١٩٣١ ، عندما فاض نهر اليانجستى وغرق بسببه مالايقل عن أربعة ملايين من المساكن ومئات الألوف من السكان ، وانتشرت بسببه المجاعات وتفشت الأوبئة وتشتهر بنجلاديش بالذات بكثرة تعرضها لمثل هذه الفيضانات الخطيرة ، وأقربها إلى

الذهب هو فيضان أغسطس سنة ١٩٧٤ الذى قتل بسببه أكثر من ألفى شخص .

ويدخل فى هذا النطاق الموسمى كذلك القسم الجنوبى الشرقى من الولايات المتحدة ، وتسقط الأمطار هنا طول السنة ، فهى تسقط فى فصل الصيف نتيجة للرياح الموسمية ، وتبلغ قمتها فى شهرى يوليو وأغسطس أما فى فصل الشتاء فانها تسقط بسبب المنخفضات الجوية ، وتعتبر الأعاصير المدارية كذلك ، وهى تشتهر فى الولايات المتحدة باسم الهاريكين «Hurricane» ، من العوامل التى تساعد على كثرة الأمطار فى أواخر فصل الصيف، وهو الموسم الذى تكثر فيه هذه الأعاصير .

رابعا — نطاق الرياح الغربية :

تختلف الرياح الغربية عن الرياح التجارية فى أنها تنتقل إلى مناطق أقل حرارة من المناطق التى تأتى منها ، ولذلك فان الرطوبة النسبية بها تبدو مرتفعة بصفة عامة ، ويشتهر نطاق الرياح الغربية بكثرة حدوث المنخفضات الجوية ، التى تتكون نتيجة لالتقاء الكتل الهوائية الحارة التى تأتى من ناحية المدارين بالكتل الهوائية الباردة التى تأتى من ناحية القطبين : وقد ترتب على عظم اتساع اليابس فى نصف الكرة الشمالى فى هذا النطاق أن ظهرت فوارق كبيرة بين المناطق الواقعة فى شرق القارات والمناطق الواقعة فى غربها ، ثم بين كل من هذه المناطق والأجزاء الداخلية الواقعة فى قلب اليابس ، أما المناطق الواقعة فى شرق القارات فيدخل معظمها فى النطاق الموسمى الذى سبق الكلام عليه ، ولن نحاول التعرض لها هنا مرة أخرى .

١ — غرب القارات المعتدل الدافىء (البحر المتوسط) :

يضم هذا الإقليم جميع الأراضى المحيطة بالبحر المتوسط فى العالم القديم ، وكذلك بعض الجهات التى تشابهها فى القارات الأخرى ، ومن أهمها كاليفورنيا ووسط شيلى وجنوب غرب ولاية الكاب بإفريقية . ثم الركن

الجنوبى الغربى لاستراليا ، وتسقط أمطار هذا الأقليم فى فصل الشتاء بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاقها ، أما فى فصل الصيف فان هذا الاقليم يدخل فى نطاق الرياح التجارية بسبب تزحزح مناطق الضغط والرياح العامة نحو الشمال . ونظرا لأن هذه الرياح تمر على مساحات واسعة من اليابس قبل وصولها إلى السواحل الغربية فانها تكون غالبا عديمة الأمطار .

ويلعب الموقع ونظام التضاريس دورا مهما فى توزيع الأمطار على الأجزاء المختلفة من حوض البحر المتوسط ، فهى تكثر بصفة خاصة على المنحدرات الغربية للجبال ، كما هى الحال على منحدرات جبال الألب الدينارية المطلة على البحر الإدرياتى ، حيث يزيد المعدل السنوى للأمطار على ٢٥٠ سنتيمترا . وتزداد أمطار حوض البحر المتوسط كما يزداد طول الفصل المطير بصفة عامة كلما اتجهنا غربا ، وهذا أمر طبيعى لأن الرياح الممطرة والمنخفضات الجوية تأتى عادة من ناحية الغرب . فبينما يبلغ المعدل السنوى للأمطار فى جبل طارق حوالى ٩٠ سنتيمترا نجد أنه حوالى ٤٠ سنتيمترا فقط فى أثينا ؛ وتقل الأمطار كذلك كلما اتجهنا نحو خط الاستواء لأننا نقترب فى هذه الحالة من الصحارى المدارية الحارة ، فبينما يبلغ المعدل السنوى فى روما حوالى ٨٣ سنتيمترا ، نجد أنه فى الإسكندرية ٢٠ سنتيمترا فقط .

٢ ــ غرب القارات المعتدل البارد (غرب أوروبا) :

تتميز هذه المناطق عموما بغزارة أمطارها التى تسقط طول السنة ، وأكثر المناطق مطرا هى السواحل التى تمتد على طولها سلاسل جبلية مرتفعة ، كما هى الحال فى شمال غرب أوروبا وفى جهات أخرى كثيرة ، مثل الساحل الغربى للولايات المتحدة إلى الشمال من كاليفورنيا ، وفى جنوب شيلى ، والجزيرة الجنوبية من جزر نيوزيلندة ، وقد يزيد معدل المطر السنوى فى هذه الجهات على ٢٥٠ سنتيمترا . ويتوقف البعد الذى تصل إليه الأمطار داخل اليابس على نظام التضاريس ، ففى أوروبا مثلا لايوجد نطاق جبلى متصل على طول الساحل فيما بين شمال أسبانيا وجنوب النرويج ، ولذلك فان الرياح والأعاصير

تستطيع التوغل فى القارة إلى مسافات بعيدة نحو الشرق ، ويختلف الحال عن ذلك فى الأمريكتين ، حيث تمتد سلاسل جبال روكى وجبال الإنديز المرتفعة على طول السواحل الغربية للقارتين ، ولهذا فان الأمطار التى تحملها الرياح أو المنخفضات الجوية من ناحية الغرب لاتستطيع أن تتوغل فى اليابس إلا إلى مسافات قصيرة جدا ، فخط المطر السنوى ٥٠ سنتيمترا مثلا يقع على بعد ٣٠٠ كيلومتر فقط من الساحل ، فى حين أنه يمتد فى أوروبا حتى يصل إلى موسكو وكييف وبوخارست فى الداخل ، أى إلى مسافة تزيد على ١٦٠٠ كيلومتر من المحيط الأطلسى .

ويسقط على هذه السواحل نوعان من الأمطار ، الأول هو أمطار التضاريس التى تسقط طول العام على منحدرات الجبال بسبب الرياح الغربية التى تكون محملة ببخار الماء بسبب مرورها فوق مياه التيارات البحرية الدافئة ، التى من أشهرها تيار الخليج فى المحيط الأطلسى الشمالى وتيار كوروسيفو فى المحيط الهادى الشمالى ، والثانى هو الأمطار الإعصارية ، التى تسقط بسبب المنخفضات الجوية التى تكثر بصفة خاصة فى فصلى الشتاء والخريف ، وهذا هو السبب فى زيادة الأمطار فى هذين الفصلين عنها فى الفصلين الآخرين من السنة .

٣ ــ الأقاليم القارية المعتدلة داخل اليابس :

كلما ابتعدنا عن السواحل الغربية نحو الشرق يأخذ النظام القارى فى الظهور ، وفيه تسقط معظم الأمطار أو كلها فى نصف السنة الصيفى ، ويكون الانتقال من النظام البحرى على السواحل الغربية إلى النظام القارى سريعا أو تدريجيا على حسب التضاريس السائدة ، ففى انجلترا مثلا ، رغم صغرها ، نلاحظ أن النظام القارى يظهر فى سهولها الجنوبية الشرقية ، لأن معظم الأمطار التى تأتى من ناحية الغرب تسقط على مرتفعات ويلز . وكذلك على القارة الأوروبية نفسها تأخذ كمية الأمطار كما يأخذ طول الفصل الممطر فى التناقص كلما اتجهنا شرقا ، حتى نصل إلى مناطق لاتسقط فيها إلا كميات

قليلة من الأمطار فى فصل الصيف ، كما هى الحال فى شرق أوروبا وغرب آسيا إلى الشمال والشرق من البحر الأسود ، وأخيرا نصل إلى الأقاليم الصحراوية التى تشغل مساحات واسعة فى وسط آسيا .

وتختلف أمطار المناطق القارية عن أمطار السواحل الغربية فى أنها تسقط غالبا فى نصف السنة الصيفى ، أما فصل الشتاء فيكون قليل الأمطار أو جافا تماما ، والسبب فى ذلك هو أن اليابس يكون فى فصل الشتاء مركزا لضغط مرتفع مما يحول دون توغل الرياح الغربية والمنخفضات الجوية كثيرا نحو الشرق ، أما فى فصل الصيف فيكون الضغط منخفضا على اليابس ولهذا فان الرياح والمنخفضات الجوية تستطيع التوغل لمسافات بعيدة نحو الشرق .

وثمة فرق آخر بين أمطار السواحل الغربية وأمطار المناطق القارية ، هو أن الأولى كلها تقريبا من نوع أمطار التضاريس وأمطار الجبهات . أما الثانية فان نسبة كبيرة منها تكون من نوع أمطار التيارات الصاعدة ، وذلك لأن هده التيارات تنشط فى فصل الصيف بسبب اشتداد حرارة سطح الأرض والهواء الملاصق له .

ويظهر النظام القارى للأمطار فى معظم سهول أوروبا الوسطى والشرقية والسهول الوسطى لكندا والولايات المتحدة بسبب ضيق اليابس ، ومن أمثلة ذلك سهول استراليا الوسطى وهضبة بتاجونيا فى أمريكا الجنوبية وبعض الأجزاء الداخلية من جنوب هضبة إفريقية الجنوبية .

٤ ــ الأقاليم المعتدلة فى شرق القارات :

تعتبر هذه الأقاليم من أكثر أقاليم العالم مطرا بسبب موقعها المشرف على المحيطات الكبرى ومرور تيارات مائية دافئة بجوار شواطىء معظمها . وهى تقع فى نفس العروض التى تقع فيها أقاليم البحر المتوسط وغرب أوروبا . ولكن بينما تسقط أمطار البحر المتوسط وغرب أوروبا بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تظهر فى نطاقها ، فان الأمطار الصيفية تسقط فى الأقاليم الشرقية

بسبب الرياح الموسمية فى شرق آسيا وشرق الولايات المتحدة وبسبب الرياح التجارية فى الأرجنتين والطرف الجنوبى الشرقى لإفريقيا والطرف الجنوبى الشرقى لاستراليا ، أما الأمطار الشتوية فيسقط أغلبها فى هذه الأقاليم بسبب المنخفضات الجوية التى تتقدم نحوها من الغرب .

وإلى جانب ذلك تسقط على بعض السواحل والجزر مثل جزر اليابان بعض الأمطار الشتوية بسبب الرياح الموسمية الشتوية التى تصلها بعد مرورها على مسطحات مائية .

وعلى الرغم من أن هذه الأقاليم تشترك فى أن أمطارها تسقط طول السنة ، إلا أن لكل منها ظروفه المحلية الخاصة التى تتدخل فى كمية المطر وتوزيعه على الأشهر . وتعتبر اليابان من أكثر هذه الأقاليم مطرا فى الصيف والشتاء بسبب امتدادها بين الشمال والجنوب وسطحها الجبلى ووجود بحر اليابان فى غربها ومرور تيار اليابان بسواحلها ، ولهذا فان معدل المطر السنوى يزيد فى معظم أجزائها عن ١٥٠ سم (ناجاساكى ١٩٦ سم) .

وفصل الصيف هو أكثر الفصول مطرا أما أقلها فهو فصل الشتاء . أما فى المناطق الأخرى فى شمال الصين وكوريا ومنشوريا ، فالأمطار أقل منها فى اليابان كما أن الفرق بين أمطار الصيف وأمطار الشتاء أكبر منه فى اليابان ، وينطبق نفس الشىء تقريبا على شرق الولايات المتحدة .

ويلاحظ عموما أن الأقاليم المعتدلة الموسمية فى شرق آسيا وشرق الولايات المتحدة أكثر أمطارا من الأقاليم المعتدلة الأخرى فى جنوب شرق أمريكا الجنوبية وإفريقيا واستراليا ، وهى الأقاليم التى يسقط مطرها الصيفى بسبب الرياح التجارية ، لأن اندفاع هذه الرياح نحو اليابس لايكون قويا بسبب ضيق هذا اليابس وعدم اشتداد عمق الضغط المنخفض عليه بالنسبة للضغط المرتفع على المحيطات بخلاف الحال فى الأقاليم الموسمية فى القارات الشمالية . ويبلغ معدل المطر السنوى فى بوينس أيريس (الأرجنتين) ١٠٣ سم وفى بورت اليزابيث (جنوب إفريقيا) ٩٥ سم وفى سيدنى ٥٦ سم .

١٠

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية

١٠ ــ ١ ــ الغرض من التقسيم والأسس التى يبنى عليها .
١٠ ــ ٢ ــ عرض لبعض التقسيمات المناخية العامة .
١٠ ــ ٢ ــ ١ ــ تقسيم كوبن .
١٠ ــ ٢ ــ ٢ ــ تقسيم أوستن ملر .
١٠ ــ ٢ ــ ٣ ــ خلاصة التقسيمات المناخية العامة .

١٠

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية

الغرض من التقسيم والأسس التي يبنى عليها :

يتوقف المناخ السائد فى أى مكان على عوامل مختلفة يؤثر كل منها فيه بشكل خاص ، ولكنها جميعا تعمل فى وقت واحد بحيث يصعب فى كثير من الأحيان أن نفصل بين الآثار التى تنتج عن أى عامل منها والآثار التى تنتج عن غيره من العوامل ، وقد سبق أن تكلمنا فى فصول سابقة على العوامل التى تتحكم فى عناصر المناخ المختلفة ، ويمكننا أن نلخص أهم هذه العوامل فيما يلى :

١ — موقع المكان بالنسبة لخطوط العرض ، فهذا الموقع هو الذى يحدد بصفة عامة مقدار مايستفيده المكان من أشعة الشمس فى الشهور المختلفة ، لأنه هو الذى يحدد طول الليل وطول النهار من جهة ، وزاوية الميل التى تسقط بها الأشعة على سطح الأرض من جهة أخرى .

٢ — توزيع الماء واليابس ، فمن الثابت أن اليابس يسخن ويبرد أسرع من الماء ، وهذا الاختلاف هو أحد العوامل الرئيسية التى يتوقف عليها توزيع الضغط الجوى والرياح ، بل وتوزيع الأمطار فوق سطح الكرة الأرضية فى الفصول المختلفة .

٣ — تضاريس اليابس نفسه ، فإن امتداد سلاسل الجبال مثلا على طول الساحل يعتبر حائلا قويا دون توغل المؤثرات البحرية فى اليابس ، كما أن مقدار ارتفاع المكان عن سطح البحر ، واتجاه منحدرات الجبال بالنسبة لأشعة الشمس ، واتجاه الرياح ، لها جميعا آثارها المعروفة على توزيع عناصر المناخ المختلفة .

٤ — توزيع الضغط الجوى ومايطرأ عليه من تغير من وقت إلى آخر .

والعوامل السابقة هى العوامل الرئيسية التى يجب بحثها عند دراسة مناخ أى إقليم ، وتوجد إلى جانبها عوامل أخرى أقل منها أهمية ، لأنها وإن كانت تؤثر فى المناخ إلا أنها تعتبر فى نفس الوقت أثرا من آثاره ، كما هى الحال بالنسبة للحياة النباتية والغطاءات الجليدية التى تغطى الأرض فى كثير من المناطق .

وهذه العوامل مجتمعة هى التى تجعل لكل مكان فوق سطح الأرض صفات مناخية خاصة ، يختلف بها كثيرا أو قليلا عن غيره من الأماكن ، ويندر أن يوجد مكانان متشابهان فى ظروفهما المناخية تمام التشابه من جميع الوجوه ، فان لم يكن هناك فرق فى الأمطار فقد يوجد فرق فى درجة الحرارة ، وإن لم يكن هناك فرق فى المعدلين السنويين لهذين العنصرين فقد يكون هناك فرق واضح فى توزيعهما على أشهر وفصول السنة . وفضلا عن ذلك فقد يكون المكانان مختلفين فى درجةالرطوبة، أو مقدار الإشعاع الشمسى أو فى اتجاه الرياح وسرعتها أو فى توزيع أى عنصر من هذه العناصر المناخية على الأشهر والفصول وهكذا . ولما كان من المستحيل فى الدراسات المناخية العامة أن تدرس ظروف كل مكان على حدة دراسة تفصيلية فقد كان لابد من إيجاد تقسيم عام للعالم توضع فيه المناطق التى تتشابه فى ظروفها المناخية بصفة عامة تحت قسم أو نوع مناخى واحد ، وذلك بصرف النظر عن الفوارق البسيطة التى قد تميز بعض هذه المناطق عن البعض الآخر ، وبهذه الطريقة يمكن تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية يتميز كل إقليم منها بمظاهر معينة ، ويضم جميع الأماكن التى توجد فيها هذه المظاهر . ومعرفة المظاهر المناخية لأى مكان تتطلب دراسة جميع عناصر المناخ بدون استثناء ، ولكننا إذا حاولنا أن نقسم العالم إلى أقاليم تتشابه فيها جميع العناصر فإننا سنصل إلى عدد لانهائى من الأقسام ، ولهذا فقد أصبح من الضرورى اختيار العناصر الرئيسية فقط واعتبارها أساسا لتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية كبرى ، أما فى الدراسات التى تحتاج إلى شىء من التفصيل فيمكن تقسيم هذه الأقاليم الكبرى إلى أقاليم أصغر منها ، وهذه بدورها إلى أقاليم أصغر وهكذا .

وهناك شبه إجماع بين علماء المناخ على أن أى تقسيم مناخى يجب أن يعتمد قبل كل شىء على العنصرين الرئيسيين من عناصر المناخ وهما درجة الحرارة والأمطار وتوزيعهما على شهور السنة ، وذلك لأن هذين العنصرين هما اللذان يتحكمان بصفة عامة فى توزيع الحياة النباتية والحيوانية فوق سطح الأرض ، كما يتدخلان بطريق مباشر أو غير مباشر فى تشكيل مظاهر هذا السطح .

وفضلا عن ذلك فإن جميع العناصر المناخية الأخرى تتأثر فى نظامها وتوزيعها تأثرا واضحا بدرجة الحرارة ، فدرجة الحرارة مثلا هى التى تتحكم عموما فى توزيع مناطق الضغط الجوى ، وهذه المناطق هى التى يترتب عليها توزيع الرياح ونظام هبوبها ، كما أن الحرارة أيضا هى التى تساعد على تبخر مياه البحار وغيرها من المسطحات المائية أو من سطح التربة ، ولها بالتالى تأثير مباشر على الأمطار وغيرها من مظاهر التكثف .

ومن الممكن عند تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية أن ندخل فى اعتبارنا أيضا العوامل الأساسية التى لها دخل فى وجود أى نوع من أنواع المناخ ، فبينما يمكننا أن نجمع المناطق الصحراوية مثلا تحت نوع مناخى واحد تتشابه جميع المناطق التابعة له فى قلة أمطارها وارتفاع مدى التغير الحرارى فيها ، فإننا نستطيع كذلك أن نقسم هذا النوع من المناخ إلى أقسام أصغر على حسب العوامل التى كانت سببا فى وجود هذا المناخ فى المناطق المختلفة سواء أكانت هذه العوامل متعلقة بعناصر المناخ مثل نوع الرياح واتجاهها أو متعلقة بتضاريس سطح الأرض أو غير ذلك من العوامل .

وكذلك من الممكن أن نقسم النطاقات الحارة الكبيرة إلى أقاليم صغيرة نسبيا على أساس العوامل التى تؤدى إلى سقوط الأمطار فى كل منها ، فمن هذه الأقاليم ماتسقط أمطاره بسبب التيارات الصاعدة ومنها ماتسقط أمطاره بسبب الرياح الموسمية أو بسبب الرياح التجارية .

وعلى الرغم من أن إدخال مثل هذه العوامل فى تقسيم الأقاليم المناخية

الكبرى إلى أقسام أخرى أصغر منها سيؤدى حتما إلى زيادة التعقيد فى التقسيم فمن الواجب الاستفادة بها بقدر الإمكان لأنها تساعد من غير شك على زيادة الدقة فى تحديد الأنواع المناخية المتقاربة .

الدلائل الحيوية للمناخ :

ونظرا لأن المناخ يعتبر عاملا من أهم العوامل التى لها دخل مباشر فى توزيع كثير من مظاهر الحياة على سطح الأرض ، فمن الممكن أن تتخذ بعض هذه المظاهر كأدلة يمكننا أن نسترشد بها فى تحديد نوع المناخ السائد فى أى منطقة من المناطق ، خصوصا إذا لم تكن لدينا إحصاءات مناخية وافية عن هذه المنطقة . ومن أهم النباتات الطبيعية التى يمكننا أن نستفيد بها فى هذه الناحية تلك النباتات التى لايمكنها أن تنمو إلا فى المناطق التى يسمح مناخها بنموها ، ومنها معظم الحشائش التى تتكون منها مناطق السفانا الحارة ، وحشائش الاستبس المعتدلة ، وكذلك فصائل الأشجار التى تنمو طبيعيا فى مناطق الغابات التى توجد فى الأقاليم المناخية المختلفة . ولئن كان نوع التربة له كذلك دخل فى توزيع كثير من هذه النباتات فمن الثابت أن التربة نفسها ليست إلا أثرا من آثار العوامل المناخية .

أما المظاهر الحيوية الأخرى بما فى ذلك الإنسان وغيره من الحيوانات وكثير من المحاصيل الزراعية ، فعلى الرغم من أنها تتأثر كذلك تأثرا مباشرا بالمناخ فإن توزيعها مرتبط كذلك بمجموعة أخرى من العوامل التى يتعلق بعضها بطبيعة هذه الكائنات ومقدرتها على التحايل على ظروف المناخ وبعضها الآخر متعلق بما يبذله الإنسان من مجهودات لنقل بعض النباتات أو الحيوانات من بيئتها الأصلية وتوطينها فى بيئات أخرى جديدة ، ويكفى أن نذكر أن الإنسان نفسه قد إستطاع أن يعمر كل أنواع الأقاليم المناخية الموجودة على سطح الأرض ابتداء من خط الاستواء حتى قرب القطب ، كما انه استطاع أن ينقل بعض محاصيل الأقاليم الدافئة إلى الأقاليم الباردة أو العكس ، وأن ينقل كذلك بعض الحيوانات من بيئاتها الأصلية إلى بيئات أخرى جديده .

ويجب أن نشير على أى حال إلى أن حدود الأقاليم المناخية أو حدود الأقاليم النباتية التى ترسم على الخريطة لايمكن أن تمثل الحدود الواقعية لهذه الأقاليم لأن مثل هذه الحدود ليس لها وجود فعلى فى الطبيعة ، إذ الواقع أن الانتقال من أى نوع مناخى أو نباتى إلى الأنواع الأخرى المجاورة له يحدث غالبا بشكل تدريجى بحيث تظهر بين كل نوع مناخى والنوع المجاور له منطقة انتقالية يتدرج فيها المناخ ومايتبعه من نباتات طبيعية تدرجا بطيئا أو سريعا على حسب الظروف السائدة خصوصا مايتعلق منها بمظاهر السطح . ويكون التدرج بطيئا بصفة خاصة فى الأقاليم السهلية . أما فى المناطق التى توجد بها حواجز جبلية مرتفعة فان الانتقال يأتى غالبا بشكل فجائى ، وكثيرا مانجد أن سلاسل الجبال تفصل فى بعض المناطق أنواعا مختلفة عن بعضها تمام الاختلاف . سواء فى مظاهرها المناخية أو فى أنواع الحياة النباتية والحيوانية التى توجد فيها ، ويظهر هذا بوضوح إذا قارنا على سبيل المثال الأنواع المناخية والنباتية الموجودة إلى الغرب من جبال الإنديز أو جبال روكى بالأنواع الموجودة إلى الشرق منها .

١٠ ــ ٢ ــ بعض التقسيمات المناخية العامة

حتى أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين كان معظم الجغرافيين يقسمون العالم إلى أقاليم مناخية على أساس النطاقات الحرارية الكبرى التى قسم اليونانيون القدماء إليها سطح الكرة الأرضية ، وهى المنطقة الحارة المحصورة بين المدارين ثم المنطقتان المعتدلتان مابين المدارين والدائرتين القطبيتين ، ثم المنطقتان الباردتان إلى الشمال من الدائرة القطبية الشمالية من جهة وإلى الجنوب من الدائرة القطبية الجنوبية من جهة أخرى .

ورغم أن المناخ لايتمشى فى كثير من الأحيان مع خطوط العرض نتيجة لتأثير العوامل المختلفة التى سبقت الإشارة إليها فان بعض الجغرافيين ظلوا يتخذونها أساسا لتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية حتى وقت قريب ، إلا أن هذا التقسيم لم تعد له قيمة تذكر فى الوقت الحاضر ، وحلت محله تقسيمات أخرى

تعتمد على توزيع درجة الحرارة وتوزيع الأمطار من جهة أخرى بغض النظر عن خطوط العرض . ونظرا لأنه من الصعب فى التقسيمات العامة أن نعتمد على درجات الحرارة الفعلية فقد كان لابد أن يكون الاعتماد فى هذه التقسيمات على خطوط الحرارة المتساوية وذلك على الرغم من العيوب الكثيرة التى تقلل من قيمتها ، أما التقسيمات المناخية للمناطق ذات المساحة الصغيرة نسبيا فمن المستحسن أن نراعى فيها درجات الحرارة الفعلية ، مع الاهتمام ليس فقط بمعدلاتها الشهرية بل وكذلك بمعدلات النهايات العظمى والنهايات الصغرى فيها .

ومن استعراض التقسيمات المناخية التقليدية والحديثة يمكننا نضعها فى ثلاث مجموعات هى :

أ ــ التقسيمات التجريبية Imperical classifcations وهى التى تعتمد على الربط بين المناخ وبين توزيع الأشكال البيئية الرئيسية مثل النبات الطبيعى والتربة ، ومثال ذلك تقسيم كوبن والتقسيمات المشتقة منه مثل تقسيم تريوارثا Trewartha[1] . والمهم فى هذه التقسيمات هو أن تتضمن أقساما مناخية متشابهة فى ظروفها البيئية المرتبطة بالمناخ دون الاهتمام كثيرا بالعوامل التى تتدخل فى تشكيل مناخها نفسه .

ب ــ التقسيمات المناخية الأصولية Genetic classifications ، وفيها تراعى العوامل التى تتدخل فى تشكيل المناخ مثل الموقع الفلكى والموقع الجغرافى ومناطق الضغط الجوى العامة والكتل الهوائية ، ومثال ذلك تقسيم تيرجونج (١٩٧٠)[2] وتقسيم أوليفر Oliver (١٩٧٠)[3] .

ج ــ التقسيمات البشرية ، وهى تمثل اتجاها حديثا فى التقسيمات المناخية ، وفيها يراعى تأثير المناخ على حياة الإنسان ونشاطه ، مثل شعوره

---

(١) Trewartha, G.A. (1966) An introduction to Climate.

(٢) Terjung, W. H., (1970)- Toward a Climate Classification based upon net Radiation, Proc Ass. of Amer. Geographers

(٣) Oliver, J.E (1970)- " A Genetic Approach to Climate Classifications, Annals, Assoc- of Amercan Geyraphers

بالضيق أو الراحة أو قدرته على العمل وبذل الجهد . وفى هذا المجال وضعت معايير مختلفة لحساب الحدود التى يبدأ الإنسان عندها يشعر بالراحة أو بالضيق على أساس الربط بين درجة الحرارة ورطوبة الهواء . وهذا النوع من التقسيمات لايستخدم عادة إلا عند تحليل المناخ فى مناطق معينة وليس على نطاق العالم ومثال ذلك تقسيم تيرجونغ Terjung لمناخ الولايات المتحدة(١).

وليست التقسيمات المناخية التى أشرنا إليها إلا أمثلة قليلة جدا للعديد من التقسيمات التى وضعت لخدمة أغراض متباينة . ويلاحظ أن بعض التقسيمات تصلح أكثر من غيرها لتحليل ظواهر الارتباط المكانى بينما البعض الآخر ذو طبيعة وصفية . وتعتمد أغلب التقسيمات الحديثة على الجمع بين عنصرين مناخيين أو أكثر مثل تقسيم كوبن الذى يجمع بين الحرارة والمطر وتوزيعهما الفصلى، مع إدخال بعض العناصر والحالات المناخية المميزة مثل الضباب والتطرف الحرارى وزيادة الرطوبة .

ومثل تقسيم أوستن ملر A.Austin Miller الذى اقترحه فى بريطانيا سنة ١٩٣٦ ، وحاول فيه أن يحدد الأقاليم المناخية على أساس طول فصل النمو ، وذلك على اعتبار أن طول هذا الفصل هو الذى يحدد نوع الحياة النباتية التى يمكن أن تنمو فى أى إقليم من الأقاليم ، وهو تقسيم سهل وبسيط ، ولذلك فإنه يعتبر من أصلح التقاسيم للدراسات الجغرافية العامة(٢)، ولهذا فإننا سنحاول عرضه بشىء من التفصيل بعد قليل .

---

(١) Austin Miller, A (1950) Climatology London.

(٢) Turjung, W. H (1966) Physiologic Climates of the Conterminous United States A Bioclimatic Classification Based On Man- Annals, Association of American Geographers.

وفى سنة ١٩٤٨ اقترح باحث أمريكى هو ثورنثويت Thornthwaite تقسيما مناخيا تجريبيا يمكن الاستفادة به فى المجالات التطبيقية وخصوصا المجالات الزراعية[١]، وقد أدخل عليه فى سنة ١٩٥٥ بعض التعديلات بالاشتراك مع باحث آخر هو ماذر Mather[٢] . وأهم مايميز هذا التقسيم هو اهتمامه بحساب التبخر الكلى الأقصى Potential Evapotranspiration والربط بينه وبين رطوبة التربة وموازنتها المائية .

١٠ ـ ٢ ـ ١ تقسيم كوبن Koppen[٣] للأقاليم المناخية :

ظل كوبن طول حياته العلمية تقريبا يحاول الوصول إلى تقسيم مناخى للعالم يمكن أن يجمع فيه بين أكثر من عنصر واحد من عناصر المناخ ، وبعد محاولات كثيرة استطاع أن يصل حوالى سنة ١٩٢٨ إلى تقسيمه الذى يعتبر فى الوقت الحاضر من أشهر التقسيمات العامة المعترف بها بين الجغرافيين فى كثير من بلاد العالم ، خصوصا فى ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية . وقد اشترك مع كوبن فى آخر تقسيم مناخى له باحث ألمانى آخر هو رودولف جايجر Rudolf Geiger . وأهم الأسس التى اعتمد عليها كوبن فى تقسيمه هى :

أ) العلاقة بين المناخ ونوع الحياة النباتية الطبيعية : وقد اعتمد كوبن فى تحديده لهذه العلاقة على تقسيم نباتى اقترحه أحد رواد علم النبات وهو دى كاندول A. De Candolle فى سنة ١٨٧٤ . وفيه قسمت الحياة النباتية العامة على حسب احتياجاتها المناخية إلى خمسة أنواع كبرى ، وهى :

أ) نباتات الأقاليم الحارة الممطرة Megatherms وتشمل جميع النباتات التى

---

(١) Thornthwaite, G.W. " An Gpproach Towavols Regional Classification of Clinate " Geog. Rev, Vol. 38, 1948, pp. 5-93

(٢) Thornthwaite and Mather, J. R. (1955) " The Water Balance " in Climatology , Laboratory of Climatology, Vol. 7, no. 1

(٣) Koppen, W , « Klimakarte der Erde » 1928.

تحتاج فى نموها إلى درجة حرارة مرتفعة وأمطار غزيرة ومن أهمها تلك الأشجار التى تنمو فى الغابات الاستوائية وفى غابات الأقاليم الموسمية الحارة ذات الأمطار الغزيرة .

ب) نباتات الأقاليم الجافة Xerophytes وتشمل النباتات التى يمكنها أن تنمو بأمطـــار قليلـــه كما هى الحال فى أقـــاليم الحشائش والمناطـــق الصحراويـــة

جـ) نباتات الأقاليم المعتدلة المطيرة Mesotherms وهى تنمو بصفة عامة بين خطى عرض ٢٢° ، ٤٥° فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى وذلك فى المناطق التى تمتاز بوجود فصل غزير الأمطار نسبيا ، وتمثلها بصفة خاصة النباتات التى تنمو فى مناخ حوض البحر المتوسط .

د) نباتات الأقاليم الباردة الرطبة Mikrotherms وهى التى تستطيع الحياة فى المناخ البارد ، ويشترط أن يوجد فصل دافىء تسقط أثناءه كمية مناسبة من الأمطار ، وتمثلها الغابات الصنوبرية والنفضية .

هـ) نباتات قطبية Hekistotherms وهى نباتات عشبية تنمو فى الأقاليم القطبية التى لاتصلح بسبب برودتها لنمو أى نوع من أنواع الأشجار .

وعلى أساس الأقسام النباتية السابقة قسم كوبن مناخ سطح اليابس بصفة عامة إلى خمسة أنواع كبرى ورمز لكل منها بحرف معين من حروف الهجاء الكبيرة Capital كما يلى :

A ـــ مناخ مدارى مطير ، وفيه لايقل المعدل الحرارى لأى شهر عن ١٨° م .

B ـــ مناخ جاف أو شبه جاف ، وليست له حدود حرارية خاصة .

C ـــ مناخ معتدل ممطر ، وفيه لاينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من الشهور عن ـــ ٣° م .

D ــ مناخ بارد رطب ، وفيه تنخفض معدلات معظم الشهور عن درجة التجمد . ويوجد فيه شهر واحد على الأقل يرتفع معدله إلى ١٠° م .

E ــ مناخ قطبى ، وفيه تكون معدلات معظم الأشهر تحت درجة التجمد ولاترتفع حتى فى أدفا الشهور إلى ١٠° م .

ب) **التوزيع الفصلى للمطر** ، فهذا التوزيع مهم لتحديد القيمة الفعلية للمطر ، وهو بالتالى مهم لمعرفة الميزانية المائية للإقليم ، فالمطر الذى يسقط فى فصل الصيف تضيع نسبة كبيرة منه بالتبخر ، وتكون قيمته الفعلية أقل من المطر الذى يسقط شتاء ، وعلى هذا الأساس قسم كوبن كل نوع من الأنواع الكبرى الممطرة D,C,A إلى أنواع أصغر على حسب موسم المطر ، ورمز لكل نوع منها بحرف صغير يوضع بجانب الحرف الكبير . والحروف الصغيرة المستخدمة هى :

f ــ ممطر طول العام .

m ــ له نظام موسمى أو شبه موسمى .

w ــ به فصل جاف فى الشتاء .

S ــ به فصل جاف فى الصيف .

جـ) **النظام الفصلى لدرجة الحرارة** : ويقصد به شدة حرارة الصيف أو شدة برودة الشتاء ، فهذا النظام هو الذى يحدد مبلغ تطرف المناخ أو مبلغ اعتداله ، ويكون المناخ متطرفا إذا كان المدى الحرارى السنوى به كبيرا كما هى الحال فى معظم الأقاليم القارية ، وكلما ارتفع هذا المدى كلما ازداد تطرف المناخ . وقد استخدم كوبن حروفا صغيرة ليرمز بها إلى شدة حرارة الصيف وشدة برودة الشتاء وطول مدتهما بالنسبة لباقى السنة كما يأتى :

a ــ صيف شديد الحرارة ، وفيه يصل المعدل الحرارى فى شهر واحد على الأقل إلى ٢٢° أو أكثر .

b ــ صيف دافىء ، وفيه لايزيد معدل أى شهر عن ٢٢° م . وبه أربعة أشهر على الأقل معدلاتها أعلى من ١٠° م .

c ـ صيف مائل للبرودة ، وفيه لايزيد المعدل فى أى شهر عن ٢٢° (مثل النوع السابق) ، ولكن عدد الأشهر التى لاتزيد معدلاتها عن ١٠° لايزيد عن ثلاثة أشهر

ويلاحظ أن الأنواع الثلاثة السابقة لاتظهر إلا ضمن النوعين الكبيرين C و D .

d ـ شتاء شديد البرودة ، وفيه ينخفض معدل أبرد الشهور إلى ـ ٣٨° م أو أقل . وهذا النوع لايوجد إلا ضمن النوع الكبير D .

وهكذا فان كل نوع مناخى فى تقسيم كوبن يرمز له بثلاثة حروف ، الأول منها كبير ويبين النوع الأكبر والثانى صغير ويبين نظام المطر والثالث صغير أيضا ويبين شدة حرارة الصيف أو شدة برودة الشتاء .

د) شدة الجفاف فى مناطق النوع «B» : وقد قسم كوبن هذا النوع على أساس معدلات المطر ومعدلات الحرارة ومايتتج عنهما من بيئة نباتية طبيعية إلى نوعين هما النوع الصحراوى ونوع الاستبس ، ورمز للنوع الأول بالحرفين الكبيرين «BW»[1] ولنوع الاستبس بالحرفين «BS» . ورأى أن يعين الحد بينهما بالمعادلات الآتية التى يوضحها شكل (٦٨) .

١) $P = T + 7$ إذا كانت الأمطار موزعة على جميع الأشهر .

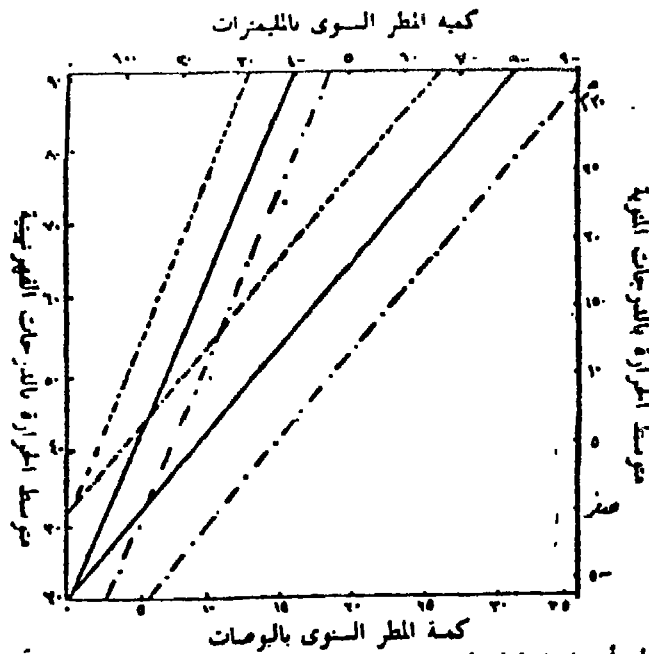
٢) $P = T + 14$ إذا كانت كل الأمطار أو معظمها تسقط صيفا .

٣) $P = T$ إذا كانت كل الأمطار أو معظمها تسقط شتاء .

مع ملاحظة أن P هى كمية المطر السنوية بالسنتيمترات و T هى المعدل السنوى لدرجة الحرارة بالدرجات المئوية ، فاذا كان الطرف الأول للمعادلة أصغر من الطرف الثانى «P» فإن المناخ يعتبر صحراويا، أما إذا كان اكبر منه فانه يعتبر من نوع الاستبس . فاذا استمر تزايد المطر فان المناخ يتحول تدريجيا إلى النوع الذى يصلح لنمو الغابات . وقد وضع كوبن معادلات أخرى لتمييز مناخ الحشائش عن مناخ الغابات . وسنبين ذلك بشىء من التفصيل فى باب الجغرافيا

---

(١) الحرف W هو الحرف الأول من الكلمة الألمانية Wust ومعناها صحراء ، أما الحرف S فهو الحرف الأول من كلمة Step



ـــ مناطق أعصارها طول العام ـ.ـ.ـ مناطق امطارها صيفيه ـ ـ ـ مناطق أمطارها شتوية

شكل (٦٨) الحدود التى اقترحها كوبن للأقاليم النباتيه الرئيسية

النباتية . ومن الواضح أن تزايد درجة الحرارة يؤدى إلى تزايد التبخر فيؤدى بالتالى إلى تزايد حاجة النباتات إلى المياه . وهذا هو ماتوضحه المعادلات السابقة .

هـ ـــ **بعض الصفات المناخية الخاصة** ، بالإضافة إلى الصفات المناخية التى تدل عليها الرموز التى ذكرناها لاحظ كوبن أن بعض أنواع المناخ لها صفات خاصة بارزة ، ولكن لاتشملها هذه الرموز ، ولذلك فقد استخدم رموزا أخرى إضافية لتوضيح هذه الصفات ومن أهمها الرموز الآتية :

h ـــ مناخ جاف شديد الحرارة .

i ـــ مناخ مداه الحرارى السنوى منخفض .

k ـــ مناخ جاف مائل للبرودة .

n' ـــ مناخ غير ممطر ولكنه كثير الضباب .

n ـــ مناخ غير ممطر ولكن نسبة الرطوبة فى هوائه مرتفعة .

ويوجد النوعان الأخيران عادة فى مناطق الصحارى الساحلية .

١٠ ــ ٢ ــ ١ ــ عرض موجز للأنواع المناخية التى يشملها تقسيم كوبن

أولا ــ أنواع المناخ «A» :

Af ــ مدارى ممطر طول العام .

Am ــ مدارى له نظام موسمى وبه فصل قصير جاف نسبيا ولكن أمطار باق الأشهر كثيرة بدرجة يمكن أن تعوض أى نقص فى مطر الفصل الجاف

Aw ــ مدارى به فصل طويل واضح الجفاف فى الشتاء .

ثانيا ــ أنواع المناخ « B » الجاف وشبه الجاف :

BSh ــ استبس العروض الدنيا (الحارة).

BSk ــ استبس العروض المتوسطة (المعتدلة والباردة)

BWh ــ صحارى العروض الدنيا (حاره) .

BWk ــ صحارى العروض المتوسطة (المعتدلة والبارده)

ثالثا ــ أنواع المناخ « C » المعتدل :

Cfa	ــ ممطر طول العام	حار صيفا
Cfb		دافىء صيفا
Cfc		مائل للبرودة صيفا
Cwa	ــ جاف شتاء	حار صيفا
Cwb		دافىء صيفا
Csa	ــ جاف صيفا	حار صيفا
Csb		دافىء صيفا

رابعا ـ أنواع المناخ « D » البارد :

Dfa	ـ ممطر طول العام	حار صيفا
Dfb		دافىء صيفا
Dfc		مائل للبرودة صيفا
Dfd		بارد صيفا

Dwa	ـ جاف شتاء	حار صيف
Dwb		دافىء صيفا
Dwc		مائل للبرودة صيفا
Dwd		بارد صيفا

خامساً : انواع المناخ القطبى

ET ـ التندرا ـ وبها فصل نمو قصير لاتزيد معدلاته الحرارية الشهرية عن ١٠° م ، ولاتنخفض عن درجة التجمد .

EF ـ غطاء الثلج الدائم Ice Cap ـ وفيه لايزيد المعدل الحرارى ق أى شهر عن درجة التجمد .

EH ـ وهو المناخ القطبى الناتج عن الارتفاع الكبير عن سطح البحر فى العروض المتوسطة أو الدنيا

خصائص الأنواع المناخية فى تقسيم كوبن وتوزيعها الجغرافى

(انظر الإحصاءات فى الملحق (١))

أولا ــ المناخ «A» (المدارى المطير) :

يغطى هذا المناخ حوالى $\frac{1}{5}$ المساحه الكلية لليابس ، وأهم مميزاته أنه حار طول السنة بحيث لاينخفض المعدل فى أى شهر من الشهور عن ١٨° م (٦٤° ف) ، وبأن أمطاره كثيرة ولكنها تتباين فى كميتها وتوزيعها الفصلى ونوعها من منطقة إلى أخرى على حسب ظروف الموقع والتضاريس ، وهو يقسم على أساس المعدلات السنوية للمطر وتوزيعها الفصلى إلى ثلاثة أنواع هى :

١ ــ Af ــ مدارى مطير طول العام .

٢ ــ Am ــ مدارى موسمى به فصل قصير قليل المطر أو جاف .

٣ ــ Aw ــ مدارى به فصل طويل واضح الجفاف فى الشتاء .

١)النوع «Af» (مدارى مطير طول العام (شكل ٧٠) . يتفق هذا النوع عموما مع المناخ الذى يشتهر باسم « المناخ الاستوائى » أو « مناخ الغابات المدارية المطيرة » ، وهو يمتد بشكل نطاق غير متصل بين خطى عرض ١٠° شمالا وجنوبا على وجه التقريب ، ولكنه قد يمتد فى بعض الجهات إلى ماوراء هذين الخطين. وتوجد أكبر مناطقه فى إفريقيا حيث تشمل معظم حوض الكنغو وبعض أجزاء من ساحل غانة والساحل الشرقى للقارة والساحل الشرقى لجزيرة مدغشقر ، وفى أمريكا الجنوبية حيث تشمل معظم حوض الأمزون وبعض المناطق الساحلية فى شمال غرب القارة وفى أمريكا الوسطى . كما تنتمى إليه بعض جزر إندونيسيا وأجزاء من ماليزيا .

وهو حار طول السنه ولاتنخفض المعدلات الحرارية فيه عن ٢٥° مئوية فى أى شهر من الشهور ، والمدى الحرارى السنوى فيه منخفض ولايزيد فى أغلب المناطق عن درجة واحدة ، أما المدى اليومى فمرتفع نوعا ما ، وقد يصل إلى

١٠ درجات ، ولذلك فإن بعض الكتاب يصفون الليل فى هذا المناخ بأنه هو شتاؤه الفعلى .

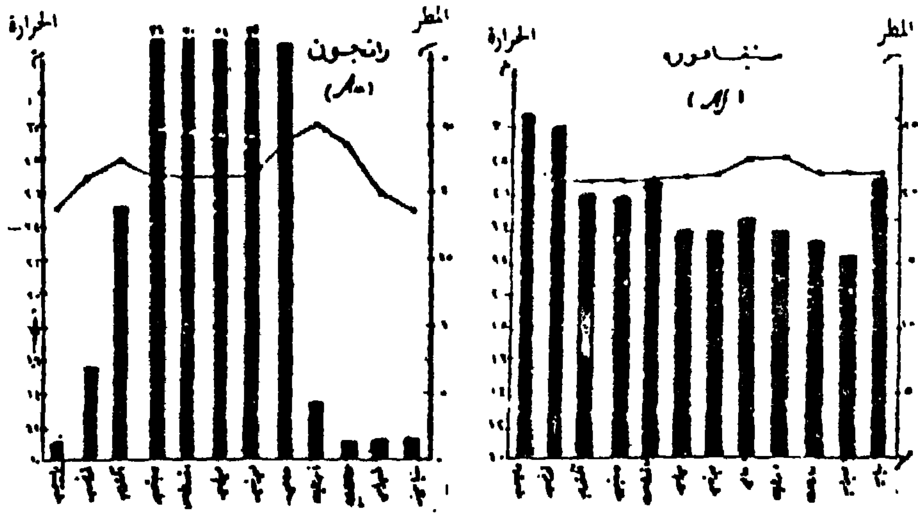
والأمطار موزعة على جميع الشهور ولكنها تبلغ قمتها فى فترتى تعامد الشمس فى الربيع والخريف ، وأغلبها من أمطار التصعيد ، ولكن قد تسقط بعض أمطار التضاريس والأمطار الإعصارية . وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٢٠٠ و ٣٠٠ سم . ولكنها قد تزيد عن ذلك على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح الممطرة مثل المنحدرات الغربية لجبال الكمرون (راجع أرقام سنغافورة ودوالا) .

والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن غابات كثيفة ذات أشجار ضخمة عريضة الأوراق دائمة الخضرة تشتهر باسم « الغابات المدارية المطيرة » أو « السلفا Selva » وهى كلمة المانية معناها غابة .

٢ ــ النوع Am (المدارى الموسمى) (شكل ٧١) : أهم مايميز هذا النوع هو أن به فصلا مطيرا طويلا يشغل حوالى ستة أشهر أو سبعة وفصلا قصيرا فى الشتاء يميل للجفاف، إلا أن كثرة أمطار الشهور المطيرة تستطيع أن تعوض هذا الجفاف بحيث تظل التربة السفلية محتفظة برطوبتها وتبقى الغابات دائمة الخضرة .

ويضم هذا النوع الأقاليم الموسمية المدارية غزيرة الأمطار ، كما يضم أقاليما غير موسمية ولكنها غزيرة المطر فى معظم الشهور . وتوجد أهم مناطقه فى جنوب وجنوب شرق آسيا ، وخصوصا فى الهند والهند الصينية والفلبين ، كما تنتمى إليه مناطق واسعة على ساحل غانة فى إفريقيا ، والحوض الأدنى لنهر الأمزون والسواحل المجاورة له فى أمريكا الجنوبية .

ولاتقل حرارة هذا النوع فى شدتها عن حرارة النوع Af ، بل إنها قد تزيد عنها فى بعض الحالات ، إلا أن الشتاء يكون غالبا أقل حرارة بسبب جفافه . ولذلك فان المدى الحرارى فيه يكون أكثر ارتفاعا، وهو يتراوح بين ٤ و ٨



شكل (٧٠) مدارى ممطر طول العام

شكل (٧١) مدارى موسمى

درجات، ومع ذلك فان المعدلات الحرارية لاتنخفض حتى فى أقل الشهور حرارة عن ٢٤° م .

والأمطار غزيرة فى معظم الشهور إلا أن هناك فصلا جافا أو قليل المطر . ولاتقل المعدلات السنوية عنها فى النوع الممطر طول العام Af ، بل إن معدلات أمطار بعض الشهور تكون مرتفعة بدرجة ليس لها نظير فى أى نوع مناخى آخر . فكثيرا مايزيد المعدل لكل من يوليو وأغسطس عن ٥٠ سم . وتكثر الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات التى تهب الرياح المطرة عمودية عليها . وهنا تسجل غالبا الأرقام القياسية للأمطار التى تسقط فى يوم واحد ، فقد سجلت فى بعض الحالات كميات تزيد على ٢٠ سم فى اليوم الواحد (راجع أرقام رانجون ومانيلا) .

ولاتختلف الحياة النباتية عنها فى النوع Af إلا أنها قد تكون أقل كثافة نوعا ما ، وأغلبها غابات عريضة الأوراق دائمة الخضرة .

(المدارى المطير الجاف شتاء) (شكل ٧٢) : هذا النوع هو الذى يشتهر باسم مناخ السفانا ، وأهم فرق بينه وبين النوع Am هو أن أمطاره أقل

وفصل الجفاف أطول وأكثر وضوحا ، وهو موجود على جانبى النوعين Af و Am بين خطى عرض ٨° و ١٥° فى نصفى الكرة، وأكبر مناطقه هى نطاق السفانا السودانية فى شمال إفريقيا والنطاق المقابل له فى جنوبها ثم نطاق حشائش الكمباس فى شمال سهول الأمزون ونطاق حشائش اللانوس فى جنوبها . وتنتمى إليه كذلك معظم جزر الهند الغربية وشبه جزيرة فلوريدا فى الولايات المتحدة وبعض مناطق شرق أمريكا الوسطى وغربها . وفى آسيا تنتمى إليه أجزاء كبيرة من الهند والهند الصينية وبعض جزر الفلبين . كما تنتمى إليه بعض جزر إندونيسيا وقسم كبير من شمال استراليا .

وفصل الصيف فى هذا النوع أشد حرارة منه فى النوعين الآخرين من المناخ A . وأشد الشهور حرارة هو الشهر الذى يسبق الفصل المطير مباشرة ، وهو عادة شهر مايو فى نصف الكرة الشمالى ، وقد يزيد معدله عن ٣١° م ، ويليه شهر اكتوبر الذى يأتى بعد انتهاء هذا الفصل . أما الشتاء فمعتدل ، ولكن معدلاته أقل فى معظم الحالات منها فى النوعين الآخرين ، ولذلك فان المدى الحرارى السنوى يكون فيه أكبر منه فيهما ، وهو يتراوح بين ٥ و ١٠ درجات .

وتسقط الأمطار صيفا عندما يتزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى ليغطى نطاقات هذا النوع ، ولذلك فان الأمطار معظمها أمطار تصعيد . وهى تتناقص فى كميتها كما يتناقص طول الفصل المطير كلما ابتعدنا عن خط الاستواء، ويتراوح معدلها السنوى بين ٧٥ و ١٥٠ سم ، ويتراوح طول الفصل الممطر بين سبعة أشهر على الجانب الأقرب إلى خط الاستواء وثلاثة على الجانب الأبعد (راجع أرقام كانو والمالاكال) .

والحياة النباتية ترتبط بتوزيع الأمطار وهى تتدرج من غابات مدارية نفضية أو شبه نفضية مختلطة بحشائش خشنة طويلة فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء إلى حشائش أقصر وأقل كثافة على الجانب الأبعد ، الذى يجاور نطاق الاستبس الأفقر نسبيا

ثانيا ــ المناخ «B» (الجاف وشبه الجاف) :

أهم مايميز هذا المناخ هو قلة الأمطار وارتفاع المدى الحرارى السنوى واليومى ، وهو ينقسم على حسب شدة الجفاف إلى نوعين كبيرين هما :

BW وهو نوع الصحارى و BS وهو نوع الاستبس . وقد سبق أن ذكرنا فى بداية هذا الفصل المعادلات التى اقترحها كوبن لتعيين الحد بين هذين النوعين على أساس العلاقة بين المطر ودرجة الحرارة . وفيما يلى وصف للأنواع الأصغر المتفرعة من هذين النوعين .

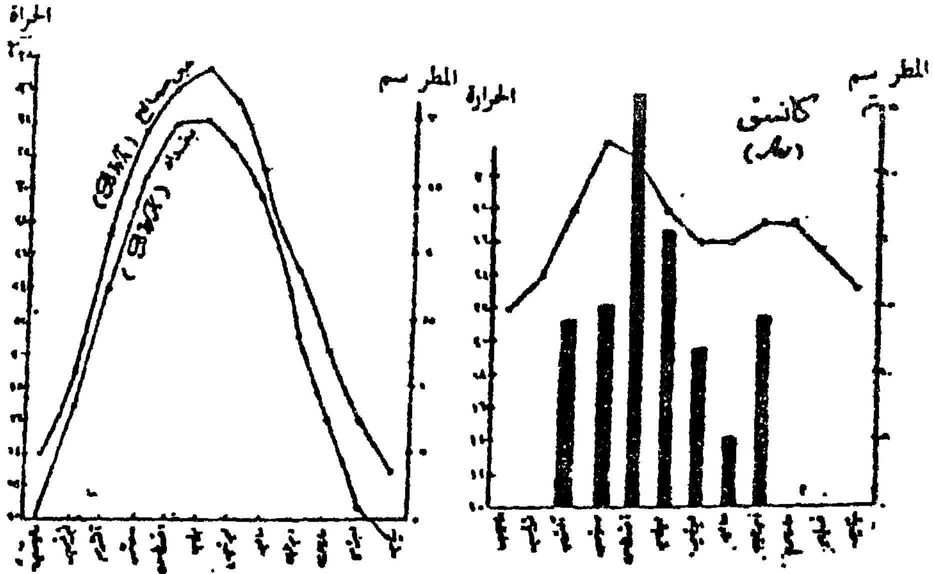
أ ــ النوع «BW» (نوع الصحارى) :

ينقسم هذا النوع على أساس المعدلات الحرارية إلى قسمين هما :

١) BWh ــ صحارى العروض المدارية (الحارة) .

٢) BWk ــ صحارى العروض المتوسطة (المعتدله والبارده)

١ ــ النوع BWh (صحارى العروض المدارية) : تشغل هذه الصحارى مساحات شاسعة فى العروض الدنيا وأكبرها هى الصحراء الكبرى وامتدادها فى غرب آسيا ، وصحراء كلهارى وناميبيا فى جنوب غربى إفريقيا ، وصحراء أريزونا بأمريكا الشمالية ، وصحراء بيرو شمال شيلى بأمريكا الجنوبية ، وصحارى وسط وغرب استراليا . ويلاحظ أن جميع هذه الصحارى واقعة فى غرب القارات فى نطاق الرياح التجارية ، وذلك لعدة أسباب أهمها : ١) اتساع اليابس الذى يفصل بعضها (مثل الصحراء الكبرى وصحراء ناميبيا) عن المحيطات التى تأتى منها الرياح الممطرة من ناحية الشرق ، ٢) وقوع بعضها (مثل صحارى غرب الأمريكتين) فى ظل حواجز جبلية عالية تحول دون وصول الرياح الممطرة اليها من ناحية الشرق ، ٣) أن معظمها يدخل فى نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى حيث يميل الجو للاستقرار ، ٤) أن معظمها تمر بسواحله تيارات مائية باردة لايحمل الهواء الذى فوقها كميات كبيرة من بخار الماء .



شكل (٧٢) المدارى المطير الجاف شتاء

شكل (٧٣) صحراوى حار (عروض مدارية)
أوصحراوى معتدل (عروض متوسطة)

وهذا النوع شديد الحرارة جدا ، ولاتنخفض معدلاته فى أى شهر عن ١٨° م ، وقد تصل معدلات بعض أشهر الصيف إلى ٣٧° م . والمدى الحرارى السنوى واليومى كلاهما مرتفع . وقد يزيد المدى السنوى عن ٢٠ درجة ويزيد المدى اليومى عن ٢٥ درجة . وهذه الصحارى هى التى تسجل بها عادة الأرقام القياسية لدرجات الحرارة القصوى فى العالم . وأشهر الأماكن التى سجلت فيها مثل هذه الدرجات بالفعل مدينة العزيزية فى طرابلس بشمال ليبيا ووادى الموت بصحراء أريزونا ، وقد سجلت فى كل منهما درجات حرارية تزيد على ٥٣° مئوية .

والأمطار نادرة جدا ، ولكنها إن سقطت فانها تكون من أمطار التصعيد التى تأتى بها عواصف رعدية عنيفة تنهمر الأمطار أثناءها بغزارة متناهية فتؤدى إلى جرف التربة وجريان السيول وغرق الواحات ، ولكن هذا لايحدث إلا مرة كل بضع سنين . ويختلف موسم المطر على حسب موسمه فى الأقاليم الممطرة المجاورة .. ففى شمال الصحراء الكبرى يكون موسمه هو الشتاء تبعا

لموسم المطر فى حوض البحر المتوسط أما فى جنوبها فيكون موسمه هو الصيف تبعا لموسم سقوطه فى نطاق السفانا (راجع أرقام عين صالح بالجزائر وأرقام يوما فى صحراء أريزونا) .

والحياة النباتية عبارة عن أعشاب فقيرة جدا ، وتكاد تنعدم تماما فى بعض المناطق ولكنها تتزايد كلما اقتربنا من المناطق الممطرة المجاورة .

٢ — النوع BWk (صحارى العروض المتوسطة) : توجد أكبر هذه الصحارى فى أواسط آسيا وغربها ومنها صحارى العراق والشام وجوبى ومنغوليا. كما توجد منها صحراوى أصغر نسبيا فى العالم الجديد ، مثل صحراء الحوض العظيم فى الولايات المتحدة وصحراء باتاجونيا ، وصحراء وسط شيلى الساحلية فى أمريكا الجنوبية . وفى إفريقيا يوجد منها كذلك شريط ساحلى ضيق فى جنوب غربى القارة .

والعوامل التى أدت إلى ظهور هذه الصحارى هى تقريبا نفس العوامل التى أدت إلى ظهور الصحارى الحارة وهى : ١) وقوع بعضها فى قلب كتل قارية واسعة بعيدا عن مصادر الأمطار ، كما هى الحال بالنسبة لصحارى وسط آسيا — ٢) وقوع بعضها فى ظل حواجز جبلية مرتفعة ، كما هى الحال بالنسبة لصحراء باتاجونيا وصحراء وسط شيلى الساحلية ، ٣) وقوع معظمها وخصوصا فى الشتاء فى نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى حيث يميل الجو للاستقرار ٤) مرور تيارات باردة بجوار سواحل بعضها مثل تيار بنجويلا الذى يمر بجوار ساحل جنوب غربى إفريقيا وتيار بيرو الذى يمر بجوار سواحل شيلى .

وعلى الرغم من أن هذه الصحارى تسمى أحيانا بالصحارى الباردة فان هذه التسمية ترجع فقط إلى شدة برودة فصل الشتاء الذى قد تنخفض المعدلات الحرارية لشهرين أو ثلاثة من شهوره إلى أقل من درجة التجمد ، أما الصيف فشديد الحرارة وإن كانت حرارته لاتصل فى شدتها إلى شدة حرارته فى الصحارى الحارة . وتتراوح معدلاته غالبا بين ٢٥° و ٣٠° مئوية . وكما هى

الحال فى كل أنواع المناخ القارى فان المدى الحرارى السنوى هنا مرتفع ، ويرجع ارتفاعه إلى شدة برودة الشتاء أكثر من رجوعه لشدة حرارة الصيف ، وهو يتراوح بين ١٥ و ٢٥ درجة .

وأمطار هذه الصحارى نادرة بطبيعة الحال ، ولكنها قد تسقط بغزارة فى مرات متباعدة بسبب عواصف الرعد أو بسبب وصول بعض المنخفضات الجوية أو الرياح الممطرة من ناحية الغرب . ويحدث هذا بصفة خاصة فى فصل الصيف عندما يكون الضغط الجوى منخفضا مما يساعد على نشاط التيارات الصاعدة وعلى توغل المنخفضات الجوية والرياح التى تحمل بعض الرطوبة ، راجع أرقام بغداد وتدمر (سوريا) .

والحياة النباتية مكونة من أعشاب وحشائش فقيرة جدا ، ولكنها تتزايد كلما ابتعدنا عن قلب الصحراء نحو مناطق الاستبس المجاورة لها .

ب ــ النوع «BS» (الاستبس) :

كما هى الحال فى المناخ الصحراوى ينقسم هذا النوع إلى قسمين هما :

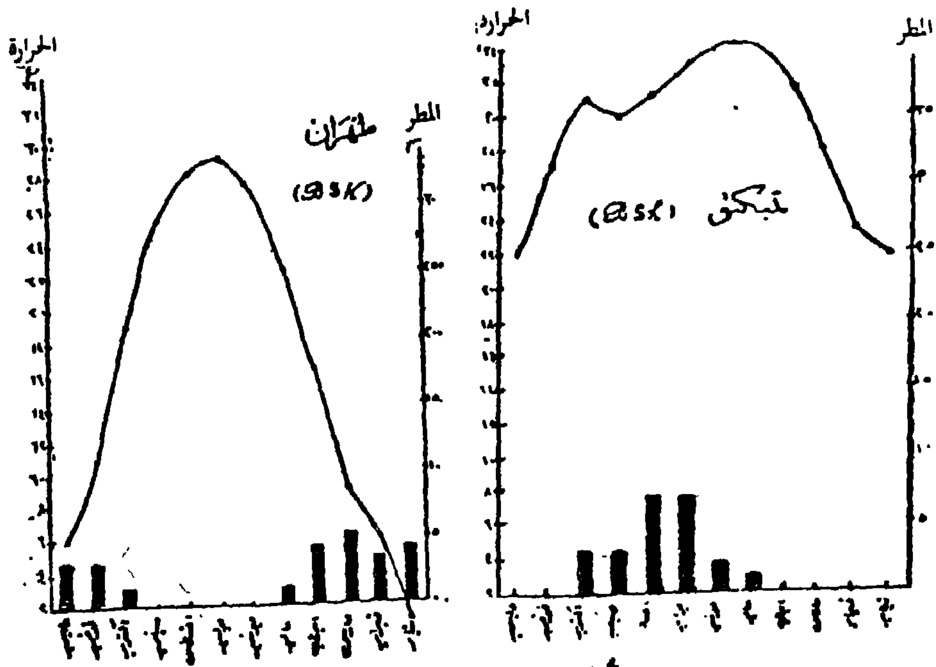
١) BSh ــ استبس العروض المدارية .

٢) BSk ــ استبس العروض المعتدلة والباردة .

١ ــ النوع BSh (استبس العروض المدارية) : يوجد هذا النوع على أطراف الصحارى الحارة ، وهو فى الواقع نوع انتقالى بين هذه الصحارى وبين الأقاليم الممطرة القريبة منها ، وتتوزع معظم مناطقه بين خطى عرض ١٥° و ٣٥° شمالا . وتوجد منه فى إفريقيا ثلاث نطاقات يوحد أحدها بين الصحراء الكبرى ونطاق البحر المتوسط ، والثانى بين هذه الصحراء ونطاق السڤانا ، والثالث فى أواسط هضبة إفريقيا الجنوبية . وفى آسيا توجد أهم مناطقه فى هضبة الدكن ، وفى العالم الجديد توجد بعض مناطقه حول الصحارى الحارة فى جنوب غرب الولايات المتحدة ، وفى أواسط أمريكا الجنوبية ، وحول الصحارى الوسطى باستراليا .

والحرارة فى هذا النوع مرتفعة طول السنة ، ولاتقل معدلاتها فى أى شهر من الشهور عن ١٨° ، وترتفع فى بعض أشهر الصيف إلى أكثر من ٣٣° . أما الأمطار فتراوح معدلاتها بين ٢٥ و ٤٥ سم ، ويختلف موسم سقوطها تبعا لموسم سقوطها فى الأقاليم المطيرة المجاورة ، ففى النطاق القريب من حوض البحر المتوسط يكون موسمها فى الشتاء أما فى النطاق المجاور للسفانا فيكون فى الصيف (راجع أرقام تمبكتو (مالى) ، والفاشر (السودان) .

والحياة النباتية عبارة عن حشائش السفانا تبعا لتناقص المطر .



(شكل ٧٤) مناخ استبس العروض المدارية

(شكل ٧٥) مناخ استبس العروض المتوسطة المعتدلة والباردة)

٢ — النوع BSk (استبس العروض المعتدلة والباردة) : كما ان الاستبس الحار يوجد على أطراف الصحارى فإن هذا النوع يوجد على أطراف الصحارى الباردة ، كما يعتبر هو الآخر مناخا انتقاليا بين هذه الصحارى وبين الأقاليم الممطرة القريبة منها ، وتوجد أكبر مناطقه فى أوراسيا حيث تمتد فى نطاق عظيم بين الشرق والغرب لأكثر من ثلاثة آلاف كيلومتر ، وغير هذا

النطاق توجد مناطق متفرقه منه على هضاب إيران وتركيا وأفغانستان وباكستان ، وفى أمريكا الشمالية توجد أهم مناطقه إلى الغرب من خط ١٠٠° غربا .

والحرارة فى هذا النوع مشابهة لها فى الصحارى الباردة من حيث شدة حرارة الصيف وشدة برودة الشتاء ، وارتفاع المدى الحرارى السنوى . ففى الصيف ترتفع المعدلات فى بعض الأشهر إلى أكثر من ٢٥° بينما تهبط فى بعض أشهر الشتاء إلى درجة التجمد . وقد ترتفع النهايات العظمى فى بعض أيام الصيف إلى أكثرمن٣٨° ، وقد تهبط النهايات الصغرى فى بعض أيام الشتاء إلى ــ ٣٠° . والواقع أن شدة برودة الشتاء هى الصمة البارزة فى هذا المناخ ، وهى المبرر الذى من أجله يوصف هذا المناخ « بالبارد » .

والأمطار أقل عموما منها فى الاستبس الحار ، وهى تتراوح بين ٢٠ و ٤٠ سنتيمترا فى السنة ، ويختلف موسم سقوطها من مكان إلى آخر تبعا لموسم سقوطها فى الأقاليم المطيرة المجاورة (راجع أرقام طهران وكمبرلى (بجنوب إفريقيا) .

والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن حشائش تخلو فى أغلب المناطق من الأشجار ، وهى أصلح كغذاء للماشية والأغنام من حشائش الاستبس الحار ، ولذلك فإن مناطق الاستبس البارد هى أعظم المراعى العالمية وأكثرها إنتاجا للحوم والألبان ، إلا أن معظمها قد تحول إلى حقول زراعية وخصوصا لإنتاج القمح وغيره من الحبوب الغذائية .

ثالثا ــ المناخ «C» (المعتدل)

يشغل هذا المناخ بأنواعه المختلفه نطاقات شاسعه تمتد فى عروض كثيرة حتى أن بعضها قد يمتد إلى ماوراء الدائرة القطبية . وعلى الرغم من أن هذا المناخ يوصف عموما بأنه معتدل إلا أن أغلب أنواعه لبست معتدلة بمعنى الكلمة ، كما يدل على ذلك ارتفاع المدى الحرارى بها ، ولايستثنى من ذلك إلا

النوع Cb أى المعتدل ذو الصيف الداق، لأنه هو النوع الوحيد الذى يكون فيه المدى الحرارى السنوى صغيرا .

وفى جميع أنواع المناخ C يجب الا ينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من شهور السنة عن ــ ٣° م . ولكن هناك على أى حال تباين ظاهر بين الأنواع التى يضمها هذا المناخ سواء فى المعدلات الحرارية أو فى المدى السنوى للحرارة . وأهم الأنواع التى تنتمى إلى هذا المناخ هى :

أ ــ أنواع ممطرة طول العام Cf وتشمل

١ ــ نوع حار صيفا Cfa

٢ ــ نوع دافىء صيفا Cfb

٣ ــ نوع معتدل صيفا Cfc

ب ــ أنواع جافة شتاء Cw وتشمل :

١ ــ نوع حار صيفا Cwa

٢ ــ نوع دافىء صيفا Cwb

جـ ــ أنواع جافة صيفا Cs وتشمل :

١ ــ نوع حار صيفا Csa

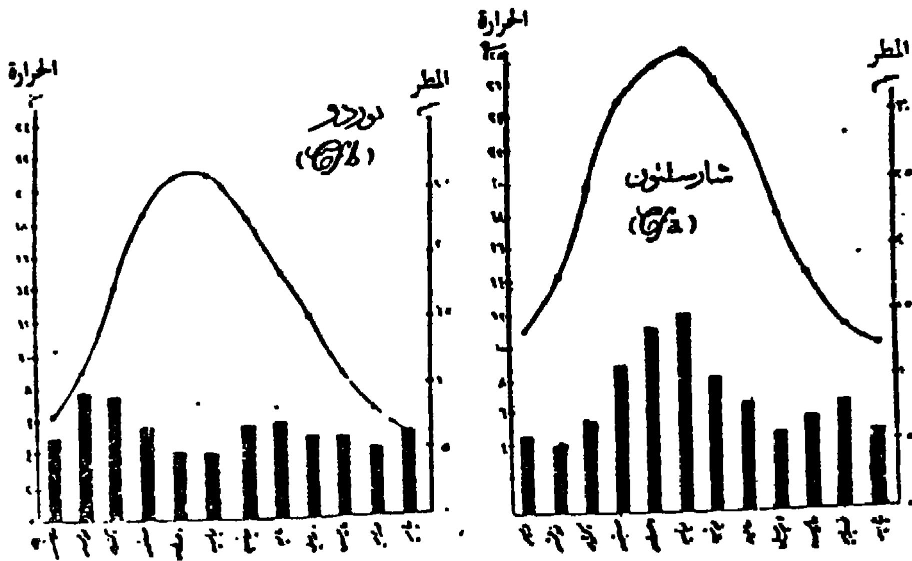
٢ ــ نوع دافىء صيفا Cab

أ) أنواع المناخ Cf (المعتدل الممطر طول العام) :

١) النوع Cfa (الحار صيفا) : وتوجد أهم مناطقه بشكل نطاقات ساحلية امتدادها العام بين الشمال والجنوب فيما بين كل من المدارين وخط عرض ٤٠° شمالا أو جنوبا . وتوجد أكبر نطاقاته فى الولايات المتحدة بحيث يشغل حوالى ثلث المساحة الكلية للبلاد مابين الساحل الشرقى وخط طول ١٠٢ غربا . وفى أمريكا الجنوبية يوجد منه فى شرق القارة نطاق كبير يضم مساحات كبيرة من جنوب شرق البرازيل ومن أوروجواى والأرجنتين . وفى العالم القديم تنتمى إليه معظم الصين الجنوبية وأجزاء كبيرة من جزر اليابان فى

آسيا واقليم ناتال فى جنوب شرق إفريقية وحوض نهر اليو واجز الأدنى من حوض الدانوب فى أوروبا . وفى استراليا ينتمى إليه معظم إقليم المرتفعات إلى الجنوب من مدار الجدى .

وهذا النوع شديد الحرارة فى الصيف وفيه تتراوح معدلات أشد الشهور حرارة بين ٢٤° و ٢٧° م ، أما الشتاء فمعتدل وتتراوح معدلاته بين ٣° و ١٢° . ولكن بما أن الامتداد العام لنطاقات هذا المناخ يسير بين الشمال والجنوب فى عروض كثيرة ، فان هناك فروقا حرارية كبيرة بين الأجزاء الشمالية والأجزاء الجنوبية للنطاق الواحد . والتأثير البحرى على هذا المناخ واضح بسبب موقع نطاقاته على امتداد السواحل ، ولذلك فان المدى الحرارى اليومى والسنوى على طول سواحله منخفضان نوعا ما .



شكل (٧٦) معتدل ممطر طول العام حار صيفيا   شكل (٧٧) معتدل ممطر طول العام دافىء صيفا

وتتراوح المعدلات السنوية للمطر بين ٧٥ و ١٥٠ سم . وهى موزعة على جميع الأشهر ، ولكنها تزداد فى فصل الصيف بسبب هبوب الرياح التجارية أو الموسمية من ناحية البحر . وتتعرض مناطق هذا المناخ فى الصين وجنوب شرق الولايات المتحدة لغزو بعض الأعاصير المدارية العنيفة التى يطلق عليها اسم

« التيمون » فى الصين ، واسم « الهاريكين » فى أمريكا وهى تساعد على زيادة أمطار الصيف ، وتؤدى فى كثير من الأحيان إلى حدوث بعض التخريب . ويتعرض جنوب الولايات المتحدة كذلك لغزو أعاصير « الترنادو » التى تشتهر بشدة تخريبها (راجع أرقام شارلستون وبورت ليزابيث) .

والحياة النباتية عبارة عن غابات نفضية تختلط بها غابات صنوبرية فى مناطق التربة الحمضية وعلى المنحدرات العالية ، وحيثما يقل المطر فى السهول الداخلية تنمو حشائش الاستبس .

٢) النوع Cfb (الدافىء صيفا) وهو يوجد بجوار النوع الحار Cfa من ناحية القطب وعلى المنحدرات الأكثر ارتفاعا . وهو يشغل فى أوروبا نطاقا شاسعا يمتد من خط عرض ٤٠° حتى خط عرض ٦٣° . ومن السواحل الغربية لأيرلنده نحو الشرق حتى خط طول ٢٨° شرقا ، وتقدر مساحته بنحو ٣٠٪ من المساحة الكلية لهذه القارة . وفى أمريكا الشمالية تنتمى إليه منطقتان أحداهما على السواحل الغربية بين شمال الولايات المتحدة وجنوب ألاسكا ، والثانية على مرتفعات الأبلاش وسط النوع الحار الذى يحتل المناطق السهلية . وفى نصف الكرة الجنوبى تنتمى إليه منطقة صغيرة فى أقصى جنوب شرق إفريقيا ومنطقة ثانية أكبر نسبيا فى أقصى جنوب شرق استراليا . وفى أمريكا الجنوبية تنتمى إليه منطقتان صغيرتان إحداهما جنوب مدينة ريو دى جانيرو على الساحل الشرقى ، والثانية بين خطى عرض ٤٠° و ٥٠° جنوبا على الساحل الغربى .

وهذا النوع معتدل الحرارة بصفة عامة ، وتتراوح معدلاته الحرارية السنوية بين ٥° و ١٢° م . ومع ذلك فان الصيف يميل للحرارة ، ولكن معدلاته لاتزيد غالبا عن ٢٢° م فى أى شهر من الشهور . وقد تحدث فى هذا الفصل موجات حرارية ترتفع أثناءها النهايات العظمى إلى مايقرب من ٤٠° ، ولكن هذا لايحدث إلا فى حالات قليلة عندما يصل هواء مدارى قارى حار من

الجنوب فى مقدمة المنخفضات الجوية . أما الشتاء فيميل للبرودة وقد تنخفض بعض معدلاته الشهرية عن درجة التجمد . وكثيرا ماتحدث أثناءه موجات برد قارصة نتيجة لهبوب هواء قطبى من الشمال فى مؤخرة المنخفضات الجوية . وقد تستمر بعض هذه الموجات بضعة أيام تكون فيها درجة الحرارة أقل من درجة التجمد بكثير . والمدى الحرارى السنوى واليومى كلاهما منخفض نوعا ما على السواحل ولكنهما يتزايدان كلما توغلنا فى اليابس نتيجة لتزايد المظاهر القارية .

وأمطار هذا المناخ كثيرة وموزعة على جميع الأشهر ولكنها تبلغ قمتها شتاء فى غرب القارات بسبب تزايد نشاط المنخفضات الجوية ، وتتزحزح هذه القمة نحو الربيع أو الصيف كلما تعمقنا فى اليابس نحو الشرق نتيجة لتزايد نشاط التيارات الصاعدة بسبب ارتفاع درجة الحرارة ، وتتناقص كمية المطر عموما كلما سرنا فى نفس الاتجاه ، فبينما يتراوح المعدل السنوى فى سهول شرق أوروبا بين ٥٠ و ١٠٠ سم فانه قد يزيد على ٤٠٠ سم على سواحلها الغربية ، وتكثر الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات الجبلية الغربية المواجهة للمحيط . وكثيرا ماتسقط الأمطار خصوصا فى الشتاء بصورة ثلج . ونظرا لارتفاع الرطوبة النسبية فان الضباب يعتبر من الظاهرات الشائعة الحدوث (راجع أرقام بوردو ووارسو) .

والحياة النباتية غنية فى هذا المناخ وأغلبها عبارة عن غابات نفضية ، أو صنوبرية على المرتفعات . ولكن أغلب هذه الغابات أزيلت وحلت محلها الزراعة .

٣ ـــ النوع Cfc (المائل للبرودة صيفا) : يمثل هذا النوع الامتداد الشمالى للنوع الدافىء Cfa . وهو يظهر على ساحل النرويج بين خطى عرض ٦٣° و ٧٠° ، وفى جنوب أيسلندة وجزر فاروس وشتلاند وبعض الجبال العالية فى بريطانيا ، وعلى سواحل ألاسكا وأرخبيل ألوشيان وفى جزء صغير فى الطرف الجنوبى لأمريكا الجنوبية وجزر فولكلاند . ويلاحظ أن كل هذه المناطق عبارة عن مناطق ساحلية ، ولذلك فان المدى الحرارى بها صغير ،

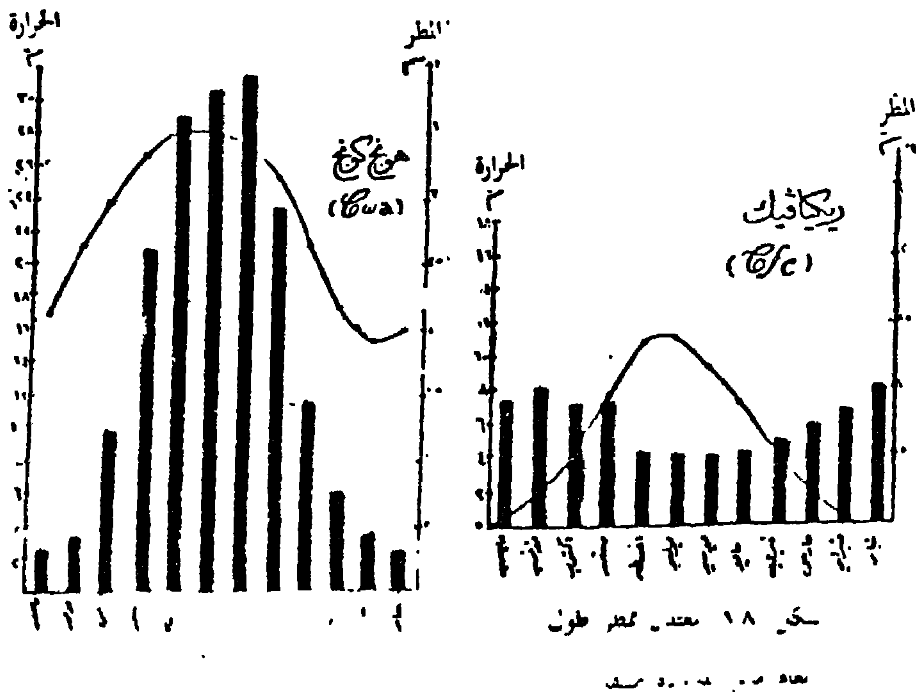
وتتراوح المعدلات الشهرية فى معظم المناطق بين ـــ ٣° لأبرد الشهور و ١٣° لأدفئها .

والأمطار موزعة على جميع الأشهر، ولكن معظمها يسقط فى نصف السنة الشتوى بسبب نشاط المنخفضات الجوية ، وتسقط معظم أمطار الشتاء بصورة ثلج ، وتتراوح المعدلات السنوية بين ٧٥ و ١٥٠ سم . (راجع أرقام ريكيافيك وكودياك) .

والحياة النباتية معظمها عبارة عن حشائش تختلط بها فى بعض المواضع بعض الغابات الصنوبرية .

ب) أنواع المناخ Cw (الجاف شتاء) :

١ ـــ النوع Cwa (الحار صيفا) : هذا النوع هو أشد أنواع المناخ «C» حرارة ، وخصوصا فى الصيف ، ولولا أن به فصلا واضحا يميل للبرودة لما اختلف عن المناخ المدارى ، ومع أن مناطق واسعة منه تقع بين المدارين فإنه



شكل ١٨ معدل مطر طول

يصل فى بعض مناطق شمال الصين وكوريا إلى خط عرض ٤٠° شمالا وينتمى إليه قسم كبير من وسط الصين وجنوبها وأجزاء من الهند الصينية . وفى إفريقيا ينتمى إليه نطاق المرتفعات الممتد فى جنوب القارة بين خطى عرض ١٠° و ٢٧° جنوبا حيث يشمل مرتفعات أنجولا وزامبيا وتانزانيا ، كما يشغل كثيرا من مرتفعات شرق القارة ومرتفعات جزيرة مدغشقر . وفى أمريكا الجنوبية يوجد على المرتفعات المحيطة بالمناخ Aw (السفانا) . وهو يوجد غالبا فى المستويات التى لايزيد ارتفاعها عن ١٦٠٠ متر ، ويجاوره من أعلى النوع الدافىء Cwb .

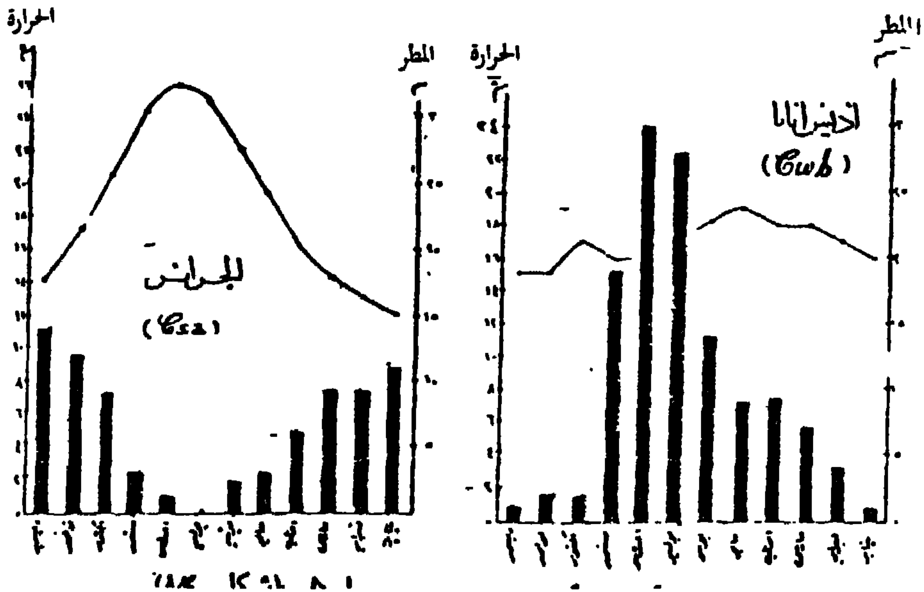
ومعدلات الحرارة مرتفعة جدا فى نصف السنة الصيفى . وأشد الشهور حرارة هو الشهر الذى يسبق موسم المطر مباشرة (مايو فى نصف الكرة الشمالى) . وكثيرا مايزيد معدله عن ٣٠° . أما الشتاء فمعتدل ، وسماؤه صافية ، وأبرد شهوره هو شهر يناير الذى يتراوح معدله بين ١٤° و ١٨° م . والأمطار لاتختلف فى نوعها أو توزيعها الفصلى عن أمطار مناخ السفانا «Aw» ، فأغلبها من أمطار التصعيد ، وموسم سقوطها هو فصل الصيف تبعا لحركة الشمس الظاهرية . ولكن معدلاتها تتباين تباينا كبيرا على حسب ظروف الموقع واتجاه المنحدرات بالنسبة للرياح الممطرة ، فبينما تزيد فى بعض الأماكن عن ٢٠٠ سم فانها قد تهبط فى أماكن أخرى إلى أقل من ٦٠ سم . وعلى الرغم من جفاف فصل الشتاء فان قليلا من المطر قد يسقط أثناءه بسبب المنخفضات ، ومع ذلك فيجب أن يظل الجفاف واضحا ولو فى شهر واحد على الأقل ، بحيث لايزيد معدل هذا الشهر عن $\frac{1}{10}$ من معدل أكثر الشهور مطرا . وهذا شرط مهم لتحديد هذا المناخ (راجع أرقام هونج كونج وسولزبرى) .

والحياة النباتية أغلبها غابات عريضة الأوراق دائمة الخضرة فى المناطق كثيرة المطر ، وتتحول إلى غابات شبه نفضية أو حشائش من نوع السفانا حيثما يقل المطر .

٢ ـــ النوع Cwb (الدافىء صيفا) : يوجد هذا المناخ دائما فى مستويات أعلى من المستويات التى يوجد فيها النوع Cwa أو على جانبه الأقرب إلى القطبين . وتوجد منه فى الهند وبرما والصين أشرطة ضيقة محصورة بين النوع الحار Cwa من ناحية والقمم الجبلية المرتفعة من ناحية أخرى ، أما فى إفريقيا فتنتمى إليه بعض مرتفعات الحبشة ومرتفعات مدغشقر. وفى أمريكا الجنوبية تنتمى إليه بعض المنحدرات العليا لجبال الإنديز . كما تنتمى إليه فى أمريكا الشمالية مدينة مكسكو سيتى والمنطقة المجاورة لها من ناحية الشرق .

ودرجة حرارة هذا المناخ أقل منها فى النوع Cwa ، ففى الصيف تتراوح المعدلات الشهرية بين ١٧° و ٢٠° م ، أما فى الشتاء فتتراوح بين ١٣° و ١٧° م . ولذلك فانّ المدى الحرارى السنوى منخفض نسبيا ، وهى صفة من الصفات المعروفة عن مناخ المناطق المرتفعة عموما . ويمكن أن يعتبر هذا النوع فى الواقع مثالا صادقا للمناخ المعتدل .

والأمطار أقل نوعامامنها فى النوع Cwa ، وموسم سقوطها هو فصل



شكل (٨١) معتدل جاف صيفا حار صيفا

شكل (٨٠) معتدل شتاء دافىء صيفا

الصيف ، ولكنها تتباين تباينا كبيرا فى كميتها من مكان إلى آخر على حسب الظروف المحلية ، وتتراوح معدلاتها على العموم بين ٥٠ و ١٢٠ سم ، (راجع أرقام أديس أبابا ومكسكو سيتى) .

والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن حشائش من نوع الاستبس .

جـ) أنواع المناخ Csa (الجاف صيفا) :

١ ــ النوع Csa (الحار صيفا) : يوجد هذا النوع بصفة خاصة فى حوض البحر المتوسط . ولذلك فانه يشتهر باسم « مناخ البحر المتوسط » . ومع ذلك فان هذه التسمية ليست دقيقة ، لأن بعض أجزاء هذا الحوض نفسه لها صفات مناخية خاصة لاتتفق مع الصفات المعروفة لهذا المناخ ، كما أن نفس هذا النوع يتمثل بصورة أكثر وضوحا فى مناطق أخرى بعيدة عن هذا الحوض، كما هى الحال فى وادى كاليفورنيا وفى منطقة رأس الرجاء الصالح وفى الطرفين الجنوبى الشرقى والجنوبى الغربى لاستراليا . وفى آسيا بالذات يتوغل هذا المناخ نحو الشرق لمسافة كبيرة قد تصل إلى خط طول ٨٠° شرقا تقريبا . وهو يوجد فى بعض المناطق مجاورا للنوع Csb ، إلا أن هذا الأخير يكون دائما فى المستويات الأكثر ارتفاعا أو على الجوانب الأقرب إلى القطبين . فهما مثلا موجودان معا فى تركيا وإيران وأفغانستان وباكستان وجنوب الاتحاد السوفيتى . ويمتد النطاق الذى يشغلانه معا فى آسيا لمسافة تزيد عن ٧٠٠٠ كم إلى الشرق من ساحل البحر المتوسط ، ولمسافة ١٧٥٠ كم بين الشمال والجنوب . وأغلب هذا النطاق عبارة عن هضاب وجبال تفصلها سهول صغيرة وتقطعها وديان عميقة . وهذه السهول والوديان هى التى تنتمى فعلا إلى النوع Csa ، بينما تنتمى المناطق التى تليها فى الارتفاع إلى النوع الدافىء Csb . وتدخل السهول الساحلية والوديان المجاورة للبحر المتوسط نفسه ضمن النوع Csa . وينطبق نفس هذا الكلام على المناطق المرتفعة التى يوجد فيها هذان النوعان متجاورين فى باقى القارات

ومن الصفات البارزة لهذا النوع أن صيفه شديد الحرارة، والسماء فيه صافية وأشعة الشمس قوية ، ولاتكاد تقل حرارة الصيف هنا عنها فى مناخ الاستبس المعتدل المجاور له BSk . وترتفع معدلات بعض أشهر هذا الفصل عن ٢٣° م . وقد ترتفع النهايات العظمى فى بعض الأيام إلى ٤٥° أو أكثر . أما الشتاء فمعتدل ، وتتراوح معدلاته بين ٥° و١٣°م، ولكن كثيرا ماتحدث موجات برد قارصة نتيجة لوصول هواء قطبى شديد البرودة فى مؤخرة بعض المنخفضات الجوية ، وقد تنخفض النهايات الصغرى أثناء هذه الموجات إلى أقل من درجة التجمد .

وموسم المطر فى المناخ Csa هو الشتاء عندما تدخل مناطقه فى نطاق الرياح الغربية أما الصيف فجاف ، ويكون الجو فيه صحوا لأن هذه المناطق تدخل أثناءه فى نطاق الضغط المرتفع وراء المدارى والأمطار فى جملتها إعصارية بسبب المنخفضات الجوية التى تكثر فى الشتاء . وهى تتناقص عموما من الشمال إلى الجنوب ومن الغرب إلى الشرق ، وتكثر بصفة خاصة على المنحدرات الغربية للجبال ، وتتراوح المعدلات السنوية بين ٥٠ و ١٠٠ سم . (راجع أرقام الجزائر وطشقند) .

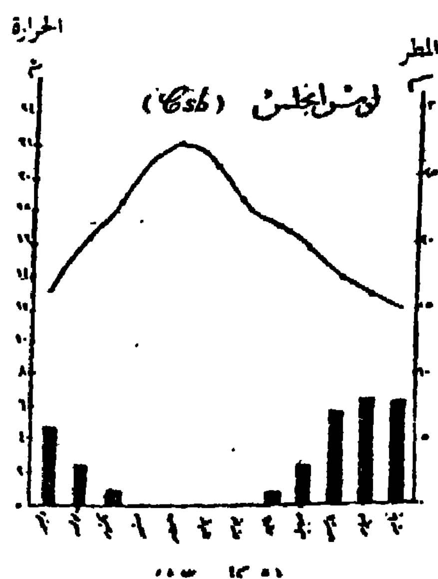
والحياة النباتية الطبيعية عبارة عن غابات وأحراج دائمة الخضرة تشتهر باسم « غابات البحر المتوسط » ، وحيثما يقل المطر تنمو بعض حشائش الاستبس .

٢ — النوع Csb (الدافىء صيفا) : يوجد هذا النوع مجاورا للنوع الحار Csa ، ولكن على الجوانب الأقرب إلى القطب أو على المستويات الأعلى . أو على السواحل ، ويلاحظ على أى حال أن معظم مناطق هذا النوع مكونة من أشرطة ساحلية طويلة موجودة فى مختلف القارات ومن أهمها الأشرطة الموجودة فى غرب الولايات المتحدة بين كاليفورنيا وكندا ، وفى جنوب شيلى ، وفى غرب أيبيريا وفى رأس الرجاء الصالح والطرفين الجنوبى الشرقى والجنوبى الغربى لاستراليا .

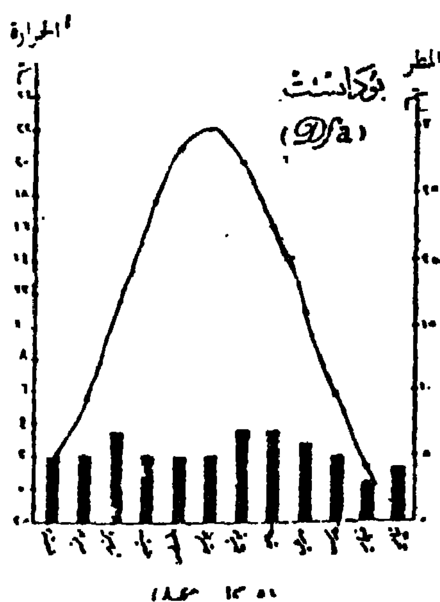
وحرارة الصيف فى هذا النوع أقل منها فى النوع Csa ولاتزيد معدلاته

الشهرية عن ٢٢° م . أما الشتاء فتكاد ظروفه تكون واحدة فى النوعين وتتراوح معدلات أشهره بين ٤° و ١٠° . والمدى الحرارى السنوى على هذا الأساس ليس كبيرا . والواقع أن هذا المناخ معتدل بمعنى الكلمة ، وهو أحد الأنواع القليلة التى يصدق عليها هذا الوصف . ومع ذلك فقد تمر به فى بعض أيام الشتاء موجات برد قارصة بسببها وصول هواء قطبى فى مؤخرة بعض المنخفضات الجوية .

والأمطار أكثر وموسمها أطول نوعا ما منها فى النوع الحار Csa ، وهى مثلها تتناقص كلما اتجهنا جنوبا وكلما ابتعدنا نحو الشرق . وموسمها الرئيسى هو الشتاء بسبب كثرة المنخفضات الجوية . وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٦٠ و ١٢٠ بسم . ويعتبر الضباب من الظاهرات الشائعة على السواحل فى هذا المناخ ، ويساعد على كثرته رطوبة الهواء ومرور بعض التيارات البحرية الباردة بجوار هذه السواحل وأهمها تيار كاليفورنيا وتيار بيرو وتيار بنجويلا . (راجع أرقام لوس انجلس وكيب تاون) .



شكل (٨٢) معتدل جاف صيفا دافىء صيفا



شكل (٨٣) بارد ممطر طول العام حار صيفا

والحياة النباتية غنية بسبب وفرة المطر وتنوع مظاهر التضاريس ، وأغلبها غابات دائمة الخضرة من نوع غابات البحر المتوسط ، وهى تمثل فى بعض المناطق مصدرا من أهم مصادر الأخشاب فى العالم ، وينطبق هذا بصفة خاصة على بعض غابات غرب الولايات المتحدة ، وهى غابات تشتهر بعلو أشجارها وسمك جذوعها واستقامتها .

رابعا ـــ المناخ «D» البارد

تشترك جميع أنواع هذا المناخ فى أنها شديدة البرودة فى الشتاء . وهى لاتوجد إلا فى نصف الكرة الشمالى حيث تشغل نطاقين كبيرين أحدهما فى شمال أوراسيا بين خطى عرض ٥٠° و ٧٥° ، والثانى فى شمال أمريكا الشمالية بين خطى عرض ٤٠° و ٧٥° . وتمتد من هذين النطاقين نحو الجنوب ألسنة محدودة تشمل بعض المناطق الجبلية العالية . وعلى حسب تحديد كوبن فان هذا المناخ يجب أن يكون به فى الصيف شهر يتراوح معدل حرارته بين ١٠° و ١٨° م ، ويكون به فى الشتاء شهر معدله ـــ ٣° م أو أقل . ومعظم أقاليم هذا المناخ قارية ، والفرق الحرارى بين صيفها وشتائها كبير ، حيث يزيد المدى الحرارى غالبا عن ٢٠ درجة مئوية .

ونظرا لأن جميع أنواع هذا المناخ تشترك فى قسوة برودة الشتاء فان أفضل الأسس لتقسيمه هى : أولا ـــ التوزيع الفصلى للمطر ، وثانيا ـــ معدلات درجة حرارة فصل الصيف ، فعلى أساس توزيع المطر يقسم هذا النوع إلى قسمين هما : ١) نوع ممطر طول العام Df ، ٢) نوع جاف فى الشتاء Dw .
أما على اساس حرارة فصل الصيف فيقسم كل نوع من هذين النوعين إلى أربعة أقسام كما يأتى :

حرارة الصيف	أقسام المناخ البارد المطر طول العام Df	أقسام المناخ البارد الجاف شتاء Dw
حار	Dfa	Dwa
دافىء	Dfb	Dwb
مائل البرودة	Dfc	Dwc
بارد	Dfd	Dwd

أ ــ أقسام المناخ Df (المطر طول العام) .

١ ــ النوع Dfa (الحار صيفا) : توجد أكبر مناطقه فى الولايات المتحدة بشكل مثلث رأسه عند بحيرة أيرى وقاعدته عند خط طول ١٠٠° غربا . وتوجد منه مناطق أخرى صغيرة متفرقة فى العالم مثل منطقة نهر الدونتز فى الاتحاد السوفيتى ومنطقة بودابست فى المجر وبعض المنحدرات المنخفضة لجبال وسط آسيا وأجزاء من جزيرة هونشو باليابان . وأجزاء صغيرة من جبال أطلس .

وهذا النوع متطرف فى حرارته بسبب الفرق الكبير بين حرارة صيفه وبرودة شتائه ، فقيه يزيد المدى الحرارى السنوى عن ٢٢ درجة ، وترتفع معدلات أشد أشهر الصيف حرارة عن ٢٢° م ، بينما تنخفض معدلات أشد شهور الشتاء برودة عن درجة التجمد .

وأمطار هذا النوع قليلة نسبياً ، وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٦٠ و ٩٠ سم ، وهى موزعة على جميع الأشهر ولكنها تزيد نسبيا فى أواخر الربيع وأوائل الصيف ، وأمطار الصيف معظمها من نوع أمطار التصعيد أما أمطار الشتاء فمعظمها أمطار إعصارية بسبب المنخفضات الجوية التى تكثر فى هذا الفصل . وكثيرا مايؤدى ظهورها إلى حدوث عواصف ثلجية حيث يندفع الهواء القطبى

القارص مع حملاتها الباردة . وتشتهر هذه العواصف فى شمال أمريكا الشمالية باسم البليزارد Blizzard . ويشتهر هذا النوع فى الولايات المتحدة كذلك بظهور بعض أعاصير الترنادو المدمرة ، فلا يكاد يمر عام دون أن تصاب مناطقه بأحد هذه الاعاصير التى يتعرض لها كذلك النوعان Cfa و Cfb . (راجع أرقام شيكاغو وبودابست) .

والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن حشائش من نوع الاستبس ، كما تنمو بعض الغابات النفضية حيثما تتوفر المياه ، وخصوصا على جوانب الأنهار .

٢ ــ النوع Dfb (الدافىء صيفا) : الفرق الرئيسى بين هذا النوع والنوع السابق Dfa هو أن معدلاته الحرارية أقل نوعا ما سواء فى الصيف أو فى الشتاء ، ففى الصيف لاتزيد معدلات أشد الشهور حرارة فى الغالب عن ١٦° م ، وفى الشتاء تنخفض المعدلات عن درجة التجمد لمدة تتراوح بين ثلاثة أشهر وخمسة ، وقد تنخفض فى أبرد الشهور عن ــ ١٦° م أو أقل . وقد تهبط النهايات الصغرى فى بعض الأيام إلى ــ ٤٠° م . والمدى الحرارى السنوى مرتفع كما هى الحال فى النوع Dfa .

ويوجد هذا النوع فى نطاقين أحدهما فى شمال الولايات المتحدة وجنوب كندا ، والثانى فى شمال أوراسيا ، كما أنه يظهر كذلك على بعض الجبال المرتفعة إلى الجنوب من هذين النطاقين مثل جبال روكى والألب والبرانس والكربات وبعض جبال آسيا الصغرى والقوقاز ووسط آسيا ، كما توجد منه منطقة صغيرة فى الجزيرة الجنوبية من جزر نيوزيلندة .

وتسقط الأمطار طول السنة فى بعض المناطق مثل شمال شرق الولايات المتحدة وشرق كندا ، ولكنها تقل نوعا ما فى نصف السنة الشتوى . وتتباين كمياتها تباينا واضحا من مكان إلى آخر تبعاً لتباين ظروف الموقع والتضاريس ، وهى تتراوح على أى حال بين ٥٠ و ١٠٠ سم . وأغلب الأمطار من النوع الإعصارى ، وتسقط أمطار الشتاء غالبا بصورة ثلج ،

ويؤدى تراكمه فى بعض الأماكن إلى تكوين طبقة ثلجية يتعطى بها سطح الأرض حوالى ستة أشهر . (راجع أرقام موسكو وهاليفاكس (كندا) .

والحياة النباتية تتباين من مكان إلى آخر بسبب تباين كمية المطر ودرجة الحرارة ، فمنها الغابات النفضية التى تنمو فى الأماكن الاكثردفئاومطرا، والغابات الصنوبرية أو المختلطة التى تنمو فى الأماكن الأقل دفئا ومطرا . وفى المناطق الجافة نسبيا تسود حشائش الاستبس .

٣ ــ النوع Dfc (المائل للبرودة صيفا) : يوجد هذا النوع فى نطاقات أوسع بكثير من نطاقات أنواع المناخ البارد الأخرى ، ففى أمريكا الشمالية يمتد منه نطاق واسع بين سواحل الاسكا وسواحل كندا الشرقية . ويمتد من هذا النطاق ذراع نحو الجنوب فوق جبال روكى . وفى أوراسيا يمتد منه نطاق شاسع بين سواحل اسكنديناوة وخط طول ١٢١° شرقا . وبعد أن يختفى فى قلب اليابس بين خطى طول ١٢١° و ١٦١° شرقا يعود للظهور مرة أخرى فى جزيرة سخالين وشبه جزيرة كمتشتكا . وينحصر هذا النطاق على وجه التقريب بين خطى عرض ٦٠° و ٧٠° شمالا ، ولكنه ينبعج نحو الجنوب فى بعض الأماكن فوق الاقاليم الجبلية ، حتى أنه يصل عند أعالى نهر أوب إلى قرب خط عرض ٤٥° .

وهذا المناخ شديد البرودة ولكن يوجد به فصل صيف قصير يبلغ معدل أدفأ شهوره ١٠° م . والواقع أن كوبن يعتبر أن خط حرارة ١٠° لأدفأ الشهور هو الحد الشمالى لهذا المناخ . أما الشتاء فطويل وشديد البرودة وتنخفض معدلات معظم شهوره عن درجة التجمد . ويكون الانتقال بين الصيف القصير والشتاء الطويل فجائيا تقريبا . وتتعرض أشهر الشتاء أحيانا للعواصف الثلجية المعروفة باسم البليزارد فى أمريكا والبوران فى روسيه، وقد تنخفض درجة الحرارة عند هبوبها إلى أقل من ــ ٤٠° مئوية . وتتغطى الارض بالثلوج فى معظم الشهور أو طول السنة ، بل وتكون التربة نفسها متجمدة حتى فى المناطق التى ينصهر جليدها السطحى فى الصيف . وقد يمتد

سمك طبقة التربة المتجمدة لبضع عشرات الأمتار تحت السطح ، ومثل هذه المناطق هى التى يطلق عليها علميا تعبير برمافروست Permafrost ، ومعناها الأرض المتجمدة على الدوام . وأن طول ساعات ظهور الشمس فى صيف هذه العروض يمكن أن يعوض بعض النقص فى الحرارة . حيث تساعد كثرة الضوء على سرعة نمو النباتات بحيث تستطيع أن تتم حياتها ونضجها فى فترة أقصر مما تحتاجه فى العروض الأخرى . ويتراوح طول ساعات سطوع الشمس فى الصيف بين ١٥ و ١٨ ساعة تبعا للفرق فى خط العرض والأمطار أغلبها صيفية وتسقط بصورة ثلج . وتتراوح معدلاتها بين ٤٠ و ٦٠ سم فى السنة . (راجع أرقام أركانجل) .

والحياة النباتية الطبيعية معظمها من الغابات الصنوبرية القصيرة التى يطلق عليها اسم التايجا . وهى تتناقص فى كثافتها كلما اتجهنا شمالا نحو مناطق التندرا ، وتتميز بعض المناطق مثل شرق سيبريا بنوع من الغابات الصنوبرية التى تنفض أوراقها فى الشتاء بسبب شدة البرودة ، وهى تعرف أحيانا باسم « الغابات الصنوبرية النفضية »[1] وتنحصر أعمال السكان فى هذا المناخ فى الصيد وقطع الأشجار وقليل من الزراعة .

٤ ــ النوع Dfd (البارد صيفا) : يشغل هذا النوع منطقتين صغيرتين فى سيبريا إحداهما إلى الغرب من نهر لينا والثانية إلى الشمال من شبه جزيرة كمتشتكا . وهو نوع شديد البرودة بحيث تنخفض معدلات خمسة شهور فى نصف السنة الشتوى عن ــ ١٨° م وينخفض معدل أشدها برودة عن ــ ٢٧° ، وهناك فصل صيف طوله حوالى ثلاثة أشهر ، وفيه تتراوح المعدلات بين ١٠° و ١٥° م . أما المعدل السنوى فيكون دائما دون درجة التجمد . والمدى الحرارى السنوى مرتفع جدا وقد يصل إلى حوالى ٥٥° م . ومعنى هذه الصفات أن هذا المناخ متطرف جدا وبالغ القسوة ، أما المطر فقليل ويسقط كله تقريبا بصورة ثلج ، ويتراوح معدله بين ٢٥ و ٤٠ سم . وهو

(١) Koppe, E. C. and Long, G. C., « Weather and Climate » 1958, P. 289.

موزع على جميع الشهور ولكنه يزيد فى الصيف عنه فى الشتاء ، وأغلبه مطر إعصارى . (راجع أرقام إيجاركا)

وأغلب الحياة النباتية الطبيعية عبارة عن أشجارصنوبرية نفضية ولكنها تتدرج إلى التندرا تبعا لتناقص درجة الحرارة والمطر .

ب ـــ أنواع المناخ Dw (الجاف شتاء) :

١ ـــ النوع Dwa (الحار صيفا) : لا يوجد هذا النوع إلا فى شرق آسيا بين خطى عرض ٣٦° و ٤٧° حيث يضم معظم منشوريا وكوريا وشمال شرق الصين . ويطلق عليه أحيانا اسم « مناخ منشوريا » . وهو نوع قارى شديد الحرارة فى الصيف وشديد البرودة فى الشتاء . وقد يرتفع فيه معدل أشد الشهور حرارة وهو شهر يوليو إلى ٢٤° م ، وينخفض معدل أبرد الشهور وهو يناير إلى ـــ ١٥° ، ومعنى ذلك أن المدى الحرارى يصل إلى ٤٠° م . ويرجع ارتفاع هذا المدى إلى شدة برودة الشتاء أكثر من رجوعه إلى شدة حرارة الصيف .

والأمطار كلها تقريبا صيفية بسبب الرياح الموسمية ، وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٥٠ و ٧٥ سم . أما الشتاء فجاف ولكن قد يسقط به قليل من المطر عندما تصل بعض المنخفضات الجوية من ناحية الغرب . وأكثر الشهور مطرا هو شهر يوليو ، ويزيد معدله عن عشرة أمثال أشد الشهور جفافا ، وهذا شرط من الشروط التى وضعها كوبن لتحديد هذا النوع من المناخ . (راجع أرقام مكدن) .

والحياة النباتية فى جملتها من حشائش الاستبس ، وقد تنمو بعض الغابات النفضية أو الصنوبرية فى بعض الأماكن التى يزداد فيها المطر نسبيا .

٢ ـــ النوع Dwb (الدافىء صيفا) : يقتصر وجود هذا النوع على شرق آسيا حيث يشغل نطاقات واسعة تحاصر النوع الحار Dwa من الشمال والشرق

والغرب ، وذلك فى غرب منشوريا وشمالها وشمال شرقى كوريا والركن الجنوبى الشرقى للاتحاد السوفيتى ، وتقل المعدلات الحرارية فيه عنها فى النوع الحار نحو ثلاث أو أربع درجات مئوية ، ففى الصيف لايرتفع المعدل غالبا فى أى شهر عن ٢٠°م ، و فى الشتاء تنخفض المعدلات عن درجة التجمد لخمسة أشهر تقريبا . والمدى الحرارى مرتفع جدا حتى أنه قد يزيد على ٥٠ درجة فى معظم المناطق .

والمطر قليل ، ويتراوح معدله السنوى بين ٤٠ و ٥٠ سم ، ويسقط كله تقريبا فى الصيف بسبب الرياح الموسمية الصيفية . ولكن قد يسقط قليل من المطر فى الشتاء بسبب وصول بعض المنخفضات الجوية من الغرب ، ويسقط أغلب المطر بصورة ثلج خصوصا فى الشتاء . (راجع أرقام فلاديفوستوك) .

وتتكون الحياة النباتية فى جملتها من حشائش الاستبس ، وتنمو بعض الغابات الصنوبرية والنفضية فى المناطق ذات المطر الكثير نسبيا فى الشرق والشمال ، وهى ذات قيمة اقتصادية كبيرة .

٣ ــ النوع Dwc (المائل للبرودة صيفا) : يقتصر وجود هذا النوع أيضا على شرق آسيا ، وتمتد مناطقه إلى الشرق من بحيرة بايكال ، وتوجد اكبرها فى غرب منشوريا وشرق سيبيريا ، وهو أقل حرارة من النوع السابق Dwb ، فصيفه قصير ومائل للبرودة ، ولاترتفع معدلاته الحرارية فى أى شهر من الشهور عن ١٦° م : تنخفض النهايات الصغرى فيه إلى مادون درجة التجمد فى أغلب الليالى . ومعظم شهور السنة الاخرى باردة ، وتنخفض معدلات سبعة أشهر منها إلى مادون درجة التجمد ، وتنخفض فى ثلاثة منها إلى ــ ١٨° أو أقل ، وقد تنخفض النهايات الصغرى إلى أقل من ٥٥° م . ، وتشتد البرودة بصفة خاصة فى المناطق الداخلية القريبة من بحيرة بايكال .

والأمطار قليلة ، وتتراوح معدلاتها السنوية بين ٢٠ و ١٠ سم . ويسقط أغلبها فى الصيف . وقد تغطى الارض بالثلج فى الشتاء . ولكن نظرا لقلة المطر

وانخفاض رطوبة الهواء فان الغطاء الثلجى يكون غالبا رقيقا جدا ، وغالبا ماتزيحه الرياح قبل تصلبه (راجع أرقام أوخوتسك) .

والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن غابات نفضية وصنوبرية نفضية أو صنوبرية دائمة الخضرة . وتوجد الأخيرة بصفة خاصة على شواطىء بحيرة بايكال حيث تسقط هنا بعض الأمطار الشتوية .

٤ ـــ النوع Dwd (البارد صيفا) : يقتصر وجود هذا النوع أيضا على شرق سيبيريا . وتقع كل مناطقه شمال خط عرض ٦٠° ، ولكنه لايصل فى امتداده إلى المحيط المتجمد الشمالى إلا فى أماكن قليلة . وهذا فى الواقع هو أقسى أنواع المناخ المعروفة وأشدها برودة ، ففيه تهبط درجة الحرارة فى بعض ليالى الشتاء إلى ـــ ٧٠° م ، ويبلغ معدل درجة حرارة يناير ـــ ٥٠° . بينما يرتفع معدل شهر يوليو إلى ١٥° م . والمدى الحرارى السنوى على هذا الأساس كبير جدا حيث يبلغ ٦٥° . وهذا الارتفاع الكبير يدل على مبلغ قسوة هذا المناخ وشدة قاريته . وباستثناء أشهر الصيف الأربعة (يونيو إلى سبتمبر) التى تزيد معدلاتها عن ١٠° م ، فان معدلات كل الأشهر الباقية تقريبا تقل عن درجة التجمد بل وتنخفض فى ثلاثة أشهر منها إلى ـــ ١٨° ، أما المعدل السنوى فيكون دائما تحت درجة التجمد .

والأمطار قليلة جدا ويبلغ معدلها السنوى حوالى ١٣ سم ، ويسقط أغلبها فى الصيف (راجع أرقام فرخويانسك) .

والحياة النباتية فى الأجزاء الأشد برودة عبارة عن أعشاب من الأنواع التى تنمو فى مناخ التندرا ، ولكنها تتدرج نحو الجنوب . غابات صنوبرية قصيرة من نوع التايجا .

خامسا ــ المناخ القطبى (Polar or Arclic)

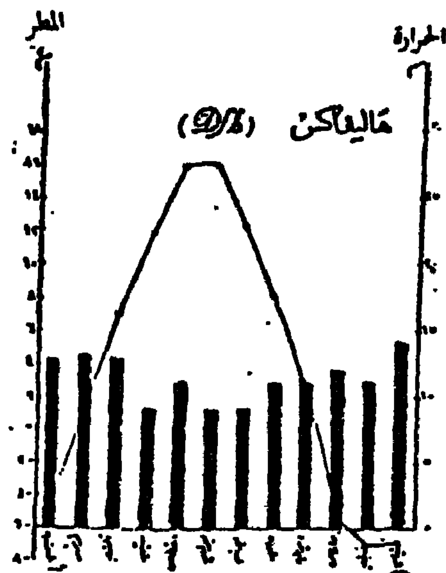
يشغل هذا المناخ نطاقات شاسعة فى العروض العليا بين الدائرة القطبية والقطب ، ويتمشى حده الجنوبى عموما مع خط حرارة ١٠° م لادفأ الشهور ، لأن هذا الخط هو الحد الذى لاتنمو وراءه أى أشجار أو محاصيل زراعية .

وأمطار هذا المناخ قليلة جدا بسبب قلة بخار الماء الذى يحمله الهواء ، وهى تأتى غالبا فى الصيف حيث تسقط بصورة ثلج . وتدخل ضمن هذا المناخ أيضا بعض قمم الجبال العالية التى يغطيها الجليد طول السنة أو معظمها فى العروض المتوسطة . ويكون موسم المطر على هذه الجبال متفقا مع موسم سقوطه فى المناطق التى حولها .

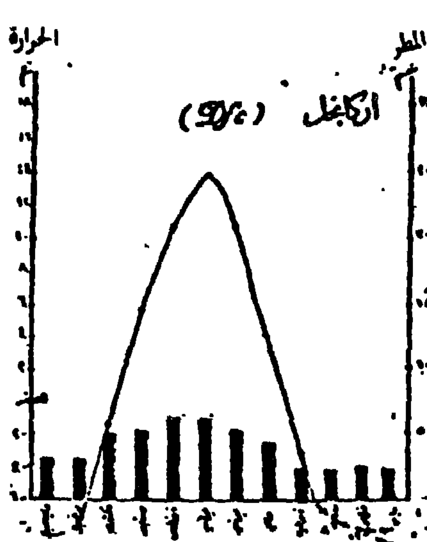
ويمكن تقسيم المناخ القطبى على حسب درجة الحرارة إلى نوعين هما : ١) نوع التندرا ET وفيه يوجد شهر واحد معدله فوق درجة التجمد ولكنه أقل من ١٠° ، وفيه تنمو نباتات عشبية وطحالب فقيرة وقصيرة العمر . ويغطى هذا النوع مناطق واسعة فى شمال أمريكا الشمالية وبعض سواحل جرينلاند وسواحل الجزر الواقعة فى المحيط المتجمد الشمالى . وكذلك بعض الأجزاء الشاهقة من جبال روكى والإنديز والهيمالايا والتبت . ويمكن أن نضم إلى هذا النوع بعض الأجزاء الصغيرة من السواحل الشمالية للقارة القطبية الجنوبية . ويرمز كوبن إلى المناخ القطبى الذى يسببه الارتفاع عن سطح البحر بالحرفين EH[1] .

٢) نوع الثلج الدائم EF «Icecap» . وفيه تنخفض المعدلات الحرارية لجميع الشهور عن درجة التجمد ، ويتغطى سطح الأرض بطبقات سميكة من الجليد الذى تجمع فوقها خلال عشرات الآلاف من السنين ، وأهم مناطقها هى جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية .

(١) H هى الحرف الأول من كلمة Hoch الالمانية ومعناها مرتفع



شكل (٨٤) بارد ممطر طول العام دافىء صيفاً



شكل (٨٥) بارد طول العام مائل للبرودة صيفاً

١٠ – ٢ – ٢ – تقسيم أوستن ملر

اقترح أوستن ملر تقسيما للمناخ لايختلف فى أسسه العامة عن التقسيم الذى اقترحه ديمارتون الفرنسى فى سنة ١٩٢٥[١] : والفرق الرئيسي بينهما هو أن ديمارتون يستخدم المعدل الحرارى ٢٠° مئوية فى تحديده للأقاليم الحارة والمعدل ١٠° فى تحديده للفصل البارد فى الأقاليم المعتدلة والباردة ، أما أوستن ملر فيستخدم المعدل ١٨° م فى تحديده للأقاليم الحارة ، بدل ٦° مئوية فى تحديده للفصل البارد فى الأقاليم المعتدلة الباردة[٢] ولكنه [illegible] عنه، بل وعن معظم التقسيمات المناخية الأخرى، بأنه يوضح العلاقة بين المناخ والحياة النباتية العامة بطريقة أكثر تحديداً وواقعية . فهو مثلا يقسم الأنواع المناخية المختلفة التى

(١) De Martonne, E., « Geographie. physique, » 1952

(٢) Miller, A. Austin, " Climatology " 1944 الطبعة المنقحة

تظهر فى المناطق المعتدلة والباردة على أساس طول الفصل البارد أو الفصل الدافىء فى كل منها . ورغم أن هذا الأساس هو نفس الأساس الذى اعتمد عليه معظم الباحثين الآخرين فى تقسيماتهم فإن الحد الذى اقترحه أوستن ملر لهذين الفصلين هو المتوسط الحرارى ٦° م ، وهو المتوسط الذى يعتبر فى نظر كثير من الباحثين حداً أدنى لاتستطيع معظم النباتات أن تنمو فى أقل منه . ويطلق عليه لهذا السبب اسم « صفر النمو » .

فالفصل الدافىء فى نظر أوستن ملر إذن هو نفس الفصل الذى يطلق عليه اسم فصل النمو ، أما الفصل البارد فيتفق مع الفترة التى يتوقف أثناءها نمو معظم النباتات ، أى التى تنخفض معدلاتها الحرارية عن صفر النمو (٦° م) .

وفضلا عن ذلك فقد أهتم أوستن ملر فى تقسيمه بالربط بين توزيع كل من الأمطار ودرجة الحرارة على أشهر و فصول السنة ، وذلك على اعتبار أن القيمة الفعلية للأمطار ليست متوقفة على مقدار مايسقط منها فحسب بل إنها تتوقف كذلك على درجة حرارة الفصل الذى تسقط فيه وعلاقة ذلك بحياة النباتات ووقت نموها . وفيما يلى عرض مختصر للأنواع المناخية الرئيسية ، وسنعود لدراستها بشىء من التفصيل بعد إدخال بعض التعديلات عليها فيما بعد . ويلاحظ أن كل نوع من الأنواع التى يضمها التقسيم قد رمز له بحرف معين وأعطى له كذلك رقم معين ، وقد ميزت الأنواع التى لها نظام موسمى بالحرف (M) (Monsoon) الذى يمكن أن نستبدله بالحرف (م) . إلا أن الرموز التى تستخدم فى هذا التقسيم ليست لها معان دقيقة محددة مثل الرموز التى استخدمها كوبن Koppen ، بل إنها تتخذ كما يذكر أوستن ملر نفسه كعلامات تقريبية ، وليس من الضرورى التقيد بها مادام من الممكن استبدالها بغيرها .

A (أ) ــ مناخ حار لايقل المتوسط السنوى لدرجة الحرارة فيه عن ١٨° م ، وهو يضم معظم الأقاليم الاستوائية والمدارية ويشمل الأنواع الآتية :

١ ــ نوع استوائى له قمتان للأمطار تتفقان مع فصلى الاعتدالين ، وهو

يظهر عادة فى منطقة الركود الاستوائى ، وتسقط كل أمطاره بسبب التيارات الصاعدة .

١ م — نوع استوائى له نظام موسمى .

٢ — نوع مدارى بحرى أمطاره موزعة توزيعا منتظما تقريبا على جميع شهور السنة ، ويظهر على السواحل الشرقية للقارات فى المناطق التى تتعرض طول السنة لهبوب الرياح التجارية التى تهب من ناحية البحر .

٢م — نوع مدارى بحرى له نظام موسمى .

٣ — نوع مدارى قارى أمطاره صيفية من نوع الأمطار الاستوائية ، وهى تسقط نتيجة لتزحزح منطقة الركود الاستوائى تبعا لحركة الشمس الظاهرية .

٣ م — نوع مدارى قارى له نظام موسمى .

B (ب) — مناخ معتدل دافىء (أو شبه مدارى) ليس به فصل بارد ، بمعنى أن معدل درجة الحرارة لاينخفض فيه فى أى شهر من الشهور عن ٦° م ، ويشمل الأنواع الآتية :

١ — نوع غرب القارات (مناخ البحر المتوسط) ويمتاز بأن أمطاره تسقط فى الشتاء .

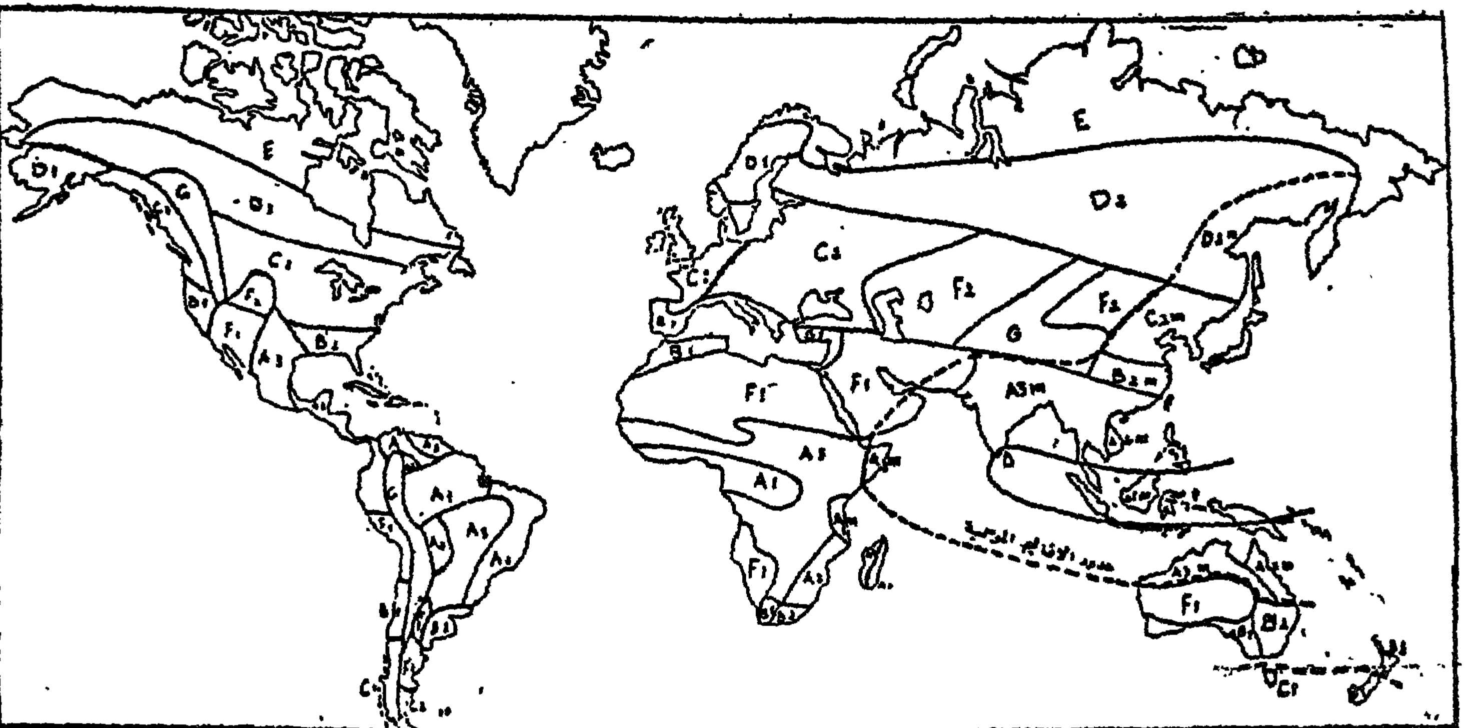
٢ — نوع شرق القارات وتسقط أمطاره طول العام .

٢م — نوع شرق القارات الموسمى ويمتاز بأن أمطاره تبلغ قمتها فى فصل الصيف .

C (جـ) — مناخ معتدل بارد ، يميزه وجود [illegible] بارد يتراوح طوله بين شهر واحد وخمسة أشهر ، ولايرتفع المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة فى أى شهر منها عن ٤٣° ف (٦° م) ويشمل الأنواع الآتية :

١ — نوع بحرى أمطاره طول العام ولكن قد تكون لها قمة شتوية .

٢ — نوع قارى تسقط معظم أمطاره فى فصل الصيف .



شكل (٨٦) تقسيم أوستين ملر للعالم إلى أقاليم مناخية

A — مناخ حار :

Al — نوع استوائي له قمتان للأمطار .

Aml — نوع استوائي له نظام موسمي

A2 — نوع مداري بحري .

A 2m — نوع مداري بحري له نظام موسمي

A 3m — نوع مداري قاري له نظام موسمي

B — مناخ معتدل دافئ :

B1 — نوع غرب القارات (بحر متوسط) .

B 2 — نوع شرق القارات

B 2m — نوع شرق القارات الموسمي

C — مناخ معتدل بارد :

C1 — نوع بحري أمطاره طول العام

C2 — نوع قاري أمطاره صيفية

C3m — نوع قاري موسمي

D — مناخ بارد :

D1 — نوع بحري ممطر طول العام .

D2 — نوع قاري ممطر صيفا

D3m — نوع قاري موسمي

E — مناخ قطبي

F — مناخ الصحاري

G — مناخ الجبال

٣م — نوع قارى موسمى أمطاره صيفية ولكنها أغزر منها فى النوع رقم (٢) أى النوع القارى .

D — مناخ بارد يتميز بأن متوسط درجة الحرارة لايزيد فيه عن ٤٣ف (٦° م) فى ستة أشهر على الأقل ، ويلاحظ أن الأنواع التى يشملها هذا المناخ تتشابه فى تقسيمها مع الأنواع التى يشملها المناخ المعتدل البارد .

١ — نوع بحرى أمطاره طول العام ولكن قد تكون لها قمة شتوية .

٢ — نوع قارى تسقط معظم أمطاره فى الصيف .

٣م — نوع قارى موسمى أمطاره صيفية ولكنها أغزر منها فى النوع رقم (٢) أى النوع القارى .

E (هـ) — مناخ قطبى يمتاز ببرودته طول العام بحيث لايزيد المتوسط الحرارى عن ٤٣° فى تسعة أشهر على الأقل ، وربما تتغطى الأرض بالجليد طول السنة .

F (و) — مناخ الصحارى ، وفيه يجب ألا يزيد متوسط كمية الأمطار السنوية على ١٠ بوصات (٢٥,٤ سنتيمترا) ويشمل النوعين الآتيين :—

١ — نوع الصحارى الحارة ، وفيه لاينخفض متوسط درجة الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ٤٣° ف .

٢ — نوع الصحارى الباردة وفيه يجب أن يوجد فصل بارد لايقل طوله عن شهر واحد وتكون درجة الحرارة أثناءه ٤٣° ف أو أقل .

G (ز) — مناخ الجبال .

١٠ ــ ٢ ــ ٣ خلاصة التقسيمات المناخية العامة

فى ضوء العرض السابق لتقسيمى كوبن وأوستن ملر يمكننا أن نقسم العالم تقسيما مناخيا يتمشى فى نظامه العام مع تقسيم أوستن ملر ، ولكنه يختلف عنه من بعض الوجوه ، فبينما يقسم أوستن ملر الصحارى إلى نوعين رئيسين فقط هما الصحارى الحارة والصحارى الباردة فقد رأينا أن نقسمها إلى ثلاثة أنواع ، هى الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة والصحارى الباردة .

وبينما يحدد أوستن ملر المناخ الصحراوى عموما بأنه هو المناخ الذى لا تزيد فيه كمية أمطاره السنوية عن عشر بوصات (٢٥,٤ سنتيمترا) فقد رأينا أن نحدد هذا النوع من المناخ على أساس القيمة الفعلية للأمطار ، لا على أساس كمية مايسقط منها فقط بسبب اختلاف هذه القيمة اختلافا كبيرا فى الأقاليم الحارة عموما عنها فى الأقاليم المعتدلة أو الباردة ، وقد استخدمنا لذلك معامل الجفاف الذى اقترحناه ونشرناه لأول مرة فى سنة ١٩٥٤ ، وملخصه هو أن الصحارى تظهر إذا كانت كمية الأمطار أقل من درجة الحرارة بالدرجات المئوية مضافا إليها معامل ثابت هو ٩ ، وعلى هذا الأساس يكون الحد بين الصحارى ومناطق الحشائش هو م = ح + ٩

وبينما يدخل أوستن ملر مناطق الجبال والمرتفعات فى جميع العروض ضمن نوع مناخى واحد فقد فضلنا أن نعالجها فى تقسيمنا ضمن النطاقات العامة التى توجد فيها لأن ذلك يفيدنا فى توضيح أثر العوامل المحلية فى تنوع المناخ داخل النطاق الواحد ، خصوصا وأن أنواع المناخ التى تتمثل على جوانب الجبال وكذلك الأنواع النباتية التى تصاحبها ليست متشابهة تماما فى جميع العروض .

وهكذا فإن التقسيم الذى نقترحه وسنسير عليه فى دراستنا القادمة لمناخ العالم يتلخص فيما يلى :

أولا — الأقاليم الحارة : وفيها لاينخفض المعدل الشهرى لدرجة الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية (إلا فى المناطق الجبلية) وهى تضم الأقاليم الآتية :

« أ » الأقاليم الاستوائية ، وهى ممطرة طول العام بسبب التيارات الصاعدة .

« ب » الأقاليم المدارية ، وتشمل :

١ — أقاليم مدارية قارية ممطرة صيفا بسبب التيارات الصاعدة (نوع السودان) .

٢ — أقاليم مدارية بحرية مطرها طول العام بسبب الرياح التجارية (نوع موزمبيق) .

« جـ » الأقاليم الموسمية وتشمل :

١ — الأقاليم الموسمية الاستوائية وهى ممطرة طول العام بسبب التيارات الصاعدة والرياح الموسمية « نوع إندونيسيا » .

٢ — الأقاليم الموسمية المدارية وهى ممطرة صيفاً « نوع الهند » . وبعضها ممطر شتاء كذلك بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل الفلبين .

« د » مناخ الجبال فى الأقاليم الحارة .

ثانيا — الأقاليم المعتدلة الدافئة : وفيها لاتقل درجة الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية ، وتشمل :

« أ » الأقاليم المعتدلة الدافئة فى غرب القارات ، وهى ممطرة شتاء بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية « نوع البحر المتوسط » . وبعضها ممطر طول العام مثل سواحل البرتغال .

« ب » الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات ، وهى ممطرة طول العام بسبب الرياح التجارية فى فصل الصيف والمنخفضات الجوية فى فصل الشتاء « نوع ناتال » .

« جـ » الأقاليم الموسمية المعتدلة الدافئة ، وهى ممطرة صيفا بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وبعضها ممطر كذلك فى الشتاء بسبب المنخفضات الجوية مثل وسط الصين أو بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل تايوان والجزر القريبة منها « نوع وسط الصين » .

ثالثا — الأقاليم المعتدلة الباردة ، وفيها ينخفض المعدل الشهرى لدرجة الحرارة فى فصل الشتاء عن ٦° مئوية « صفر النمو » ، وتشمل :

« أ » الأقاليم المعتدلة الباردة فى غرب القارات ، وهى ممطرة طول العام بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية « نوع غرب أوروبا » .

« ب » الأقاليم المعتدلة الباردة القارية فى وسط القارات ، وهى ممطرة فى فصل الصيف والربيع بسبب التيارات الصاعدة والمنخفضات الجوية « نوع شرق أوروبا » . .

« جـ » الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية ، وهى ممطرة صيفاً بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وبعضها ممطر شتاء بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل جزر اليابان أو بسبب المنخفضات الجوية مثل شمال الصين « نوع كوريا وشمال الصين » .

رابعا — الأقاليم الباردة ، وفيها ينخفض معدل درجة الحرارة فى بعض أشهر فصل الشتاء عن درجة التجمد ، وتشمل :

« أ » الأقاليم الباردة فى شمال غرب أوروبا وشمال غرب أمريكا الشمالية وهى ممطرة طول العام بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية « نوع النرويج » .

« ب » الأقاليم الباردة القارية فى وسط شمال أوراسيا وشمال أمريكا الشمالية . وهى ممطرة صيفاً (نوع سيبيريا) .

« جـ » الأقاليم الباردة الموسمية فى شمال شرق أوراسيا وشمال شرق أمريكا

الشمالية ، وهي ممطرة صيفاً بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وقد تمطر بعض جهاتها شتاء بسبب المنخفضات الجوية « نوع منشوريا » .

خامسا — الأقاليم القطبية ، وفيها ينخفض معدل درجة الحرارة فى معظم شهور السنة عن درجة التجمد ، وقد يرتفع فى بعض أشهر الصيف إلى ٦° مئوية أو أكثر قليلا ، وهى تشمل :

« أ » أقاليم التندرا فى شمال أوراسيا وشمال كندا .

« ب » أقاليم الثلج الدائم . « نوع وسط جرينلاند » .

سادسا — الأقاليم الصحراوية : ويحددها معامل الجفاف م = ح + ٩ (م هى كمية المطر بالملليمترات و ح هى معدل درجة الحرارة بالدرجات المئوية) ، فهى بعبارة أخرى الأقاليم التى تقل فيها كمية المطر بالسنتيمترات عن درجة الحرارة بالدرجات المئوية مضافاً إليها معامل ثابت هو ٩ ، ويمكننا أن نقسمها على أساس المعدلات الحرارية إلى الأقسام الآتية :

« أ » الصحارى الحارة ، وفيها لاينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من شهور السنة عن ١٣° مئوية « ٥٥,٤° ف » « نوع الصحراء الكبرى » .

« ب » الصحارى المعتدلة ، وفيها لاينخفض المعدل فى أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية (صفر النمو) . « نوع بادية الشام » .

« جـ » الصحارى الباردة ، وفيها ينخفض المعدل فى بعض أشهر الشتاء إلى مادون درجة التجمد . « نوع وسط آسيا » .

١١

مناخ العالم

حسب خلاصة التقسيمات المناخية العامة

١١ ــ ١ ــ الأقاليم الحارة .

١١ ــ ١ ــ ١ ــ الأقاليم الاستوائية

١١ ــ ١ ــ ٢ ــ الأقاليم المدارية .

١١ ــ ١ ــ ٣ ــ الأقاليم الموسمية الحارة

١١ ــ ١ ــ ٤ ــ مناخ الجبال فى الأقاليم الحارة .

١١ ــ ٢ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة .

١١ ــ ٢ ــ ١ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى غرب القارات
(نوع البحر المتوسط)

١١ ــ ٢ ــ ٢ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات .

١١ ــ ٢ ــ ٣ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية

١١ ــ ٣ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة .

١١ ــ ٣ ــ ١ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية
(نوع غرب أوروبا)

١١ ــ ٣ ــ ٢ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة القارية .

١١ ــ ٣ ــ ٣ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية .

١١ ــ ٤ ــ الأقاليم الباردة .

١١ ــ ٤ ــ ١ ــ الأقاليم الباردة البحرية .

١١ ـ ٤ ـ ٢ ـ الأقاليم الباردة القارية.
١١ ـ ٤ ـ ٣ ـ الأقاليم الباردة الموسمية.
١١ ـ ٥ ـ الأقاليم القطبية .
١١ ـ ٦ ـ الأقاليم الصحراوية .
١١ ـ ٦ ـ ١ـالصحارى الحارة .
١١ ـ ٦ ـ ٢ـالصحارى المعتدلة .
١١ ـ ٦ ـ ٣ـالصحارى الباردة .

١١

مناخ العالم حسب خلاصة التقسيمات المناخية العامة

١١ ــ ١ ــ الأقاليم الحارة

تحديدها :

المقصود بالأقاليم الحارة على حسب أغلب التقسيمات المناخية هو الأقاليم التى لاينخفض معدل درجة الحرارة فيها فى أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية ، وهى تشغل نطاقا عظيم الاتساع حول خط الاستواء تقدر مساحته بأكثر من نصف مساحة سطح الكرة الأرضية كلها ، وإن كنا نلاحظ أن القسم الأكبر من هذه الأقاليم عبارة عن مسطحات مائية مكونة من نطاقات عظيمة من المحيطات الثلاثة .

وهذا النوع من المناخ أكثر انتشارا فى نصف الكرة الشمالى منه فى نصفها الجنوبى ، ويرجع ذلك ، كما هو واضح ، إلى أن اليابس فى النصف الشمالى أعظم اتساعا بكثير منه فى النصف الجنوبى . وليس من شك فى أن نصيب القارة الإفريقية منه أكبر من نصيب أية قارة أخرى ، فهو يشغل أكثر من ثلاثة أرباع القارة ، ولاتخلو منه إلا مناطق محدودة فى أطرافها الشمالية والجنوبية .

وعلى الرغم من أن نطاق الأقاليم الحارة يتميز عموما بارتفاع درجة حرارته طول السنة فيجب أن نلاحظ أن نظام سقوط الأمطار ليس واحدا فى جميع أجزائه ، كما نلاحظ أن الجبال المرتفعة الموجودة فى بعض جهاته تتميز بظروف مناخية خاصة تجعل من الممكن وضعها ضمن نوع مناخى خاص ، وفيما يلى وصف لأهم الأقاليم التى يضمها النطاق الحار وتوزيعها على سطح الكرة الأرضية .

١١ ـ ١ ـ ١ ـ الأقاليم الاستوائية

صفاتها العامة :

تتلخص أهم الصفات المناخية التى تتميز بها هذه الأقاليم فيما يلى :ـ

١ ـ ارتفاع درجة الحرارة طول العام بحيث يندر أن ينخفض معدلها فى أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية .

٢ ـ صغر المدى الحرارى السنوى بحيث لايزيد فى متوسطه عن ثلاث درجات مئوية (٥,٤° ف) وكذلك صغر المدى اليومى الذى لايزيد غالبا عن تسع درجات مئوية (١٦,٢° ف) .

٣ ـ انخفاض الضغط الجوى وهدوء الرياح أو سكونها فى معظم الأحيان حيث أن هذه الأقاليم تقع عموما فى نطاق الركود الاستوائى .

٤ ـ ارتفاع الرطوبة النسبية فى الجو بسبب كثرة المسطحات المائية مع شدة الحرارة التى تساعد الهواء على حمل مقادير عظيمة من بخار الماء ، ويلاحظ أن اجتماع الحرارة والرطوبة الشديدتين مع سكون الهواء هو الذى يجعل مناخ هذه الأقاليم ثقيلا لايبعث على النشاط والعمل .

٥ ـ غزارة الأمطار طول السنة مع ظهور قمتين لها فى فصلى الربيع والخريف وهى فى جملتها من نوع أمطار التيارات الصاعدة .

درجة الحرارة :

من المعروف أن الشمس تتعامد على خط الاستواء مرتين فى السنة ، كما أنها لاتميل عنه فى أى وقت من الأوقات عند تزحزحها الظاهرى نحو الشمال أو نحو الجنوب بأكثر من ٢٣,٥° من درجات العرض ، ولهذا السبب نجد أن المتوسط السنوى لدرجة الحرارة فى المنطقة الاستوائية بصفة عامة أعلى منه فى أى منطقة أخرى فوق سطح الأرض ، ولكن يجب ألا نفهم من هذا أن النطاق الاستوائى هو أشد بقاع العالم حرارة فى جميع الفصول دون استثناء ، حيث أن

بعض الأقاليم المدارية التى تمتد إلى الشمال وإلى الجنوب منه مباشرة تمتاز بأن صيفها شديد الحرارة جداً وخصوصا فى داخل اليابس . حتى أنها كثيراً ماتكون فى هذا الفصل أشد حرارة من الأقاليم الاستوائية ، وترجع هذه الظاهرة إلى عاملين رئيسيين هما :

أولا : أن طول النهار يزداد فى فصل الصيف كلما بعدنا عن خط الاستواء ، فعند المدارين مثلا يبلغ طول النهار حوالى ١٣,٥ ساعة فى يوم ٢١ يونيو ، أما عند خط الاستواء فلا يزيد طول النهار ولاينقص بشكل ملموس عن ١٢ ساعة فى جميع أيام السنة تقريبا ، ولهذا فإن ماتكسبه الأرض من حرارة الشمس فى ساعات النهار أثناء اليوم الواحد من أيام الصيف عند خط عرض ٣٠° مثلا يفوق ماتكسبه عند خط الاستواء أثناء النهار أيضا فى أى يوم من أيام السنة .

ثانيا : أن ظروف المنطقة الاستوائية بما يغطى سطح الأرض فيها من غابات كثيفة ومسطحات مائية كثيرة ومايسقط بها من أمطار غزيرة مع كثرة السحب التى تحجب أشعة الشمس فترة من النهار كلهاتقلل نوعا ما من فعل هذه الأشعة فى رفع درجة الحرارة .

وعندما نقارن المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة عند خط الاستواء بعضها ببعض نلاحظ أن مدى التغير السنوى لدرجة الحرارة صغير جداً فهو لايزيد فى المتوسط عن ٣ درجات مئوية بل إنه يقل عن ذلك كثيراً فى المناطق الساحلية وخصوصا فى الجزر التى تخضع للمؤثرات البحرية ، كما هى الحال فى الجزر الكثيرة المتناثرة حول خط الاستواء فى المحيط الهادى ، ففى معظم هذه الجزر يغلب ألا يزيد الفرق بين أشد الشهور حرارة وأقلها حرارة على درجة واحدة .

أما المدى اليومى لدرجة الحرارة فإنه منخفض كذلك ولكنه يعتبر مرتفعا إذا ماقورن بالمدى السنوى لها فهو يتراوح فى متوسطه حول ٨° درجات مئوية ، راجع الجدول رقم (١٥) .

جدول رقم (١٥)

المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة (بالدرجات المئوية) ومدى التغير السنوى فى بعض محطات الأقاليم الاستوائية ، وفيما يأتى بيانها وبيان مواقعها بالنسبة لخطوط الطول والعرض وارتفاعاتها بالنسبة لمنسوب سطح البحر .

١ — سنغافورة — ١° شمالا و ١٠٤° شرقا ، ٣ امتار .

٢ — زنجبار — ٦° جنوبا و ٣٩° شرقا ، ١٧ مترا .

٣ — دوالا Duala (الكمرون) — ٤° جنوبا و ١٠° شرقا ، ٨ أمتار

٤ — مناوس (البرازيل) — ٣° جنوبا و ٦٠° غربا ، ٤٤ مترا .

٥ — جورجتون (جيانا البريطانية) — ٧° شمالا و ٥٨° شرقا ، متران .

٦ — عنتبة (أوغندة) — خط الاستواء و ٣٢° شرقا ، ٨٣٠ مترا .

٧ — كيتو Quito (إكوادور) — خط الاستواء و ٧٩° غربا ، ٢٨٥٠ مترا .

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ —	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٦,٦	١,١
٢ —	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٧,٢	٢٦,١	٢٥,٥	٢٥	٢٥	٢٥,٥	٢٦,١	٢٧,٢	٢٨,٣	٣,٣
٣ —	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,١	٢٦,١	٢٥	٢٣,٨	٢٣,٨	٢٤,٤	٢٤,٤	٢٥,٥	٢٦,١	٢,٨
٤ —	٢٦,٦	١٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٦	٢٦,٩	٢٧,٢	٢٧,٧	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٧,٧	٢٧,٢	١,٧
٥ —	٢٦,١	٢٦,١	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٢	٢٦,٦	٢٧,٢	٢٧,٧	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٧,٧	٢٧,٢	٢,٢
٦ —	٢١,٦	٢١,٦	٢١,٦	٢١,١	٢١,١	٢٠,٥	٢٠,٥	٢٠,٥	٢٠,٥	٢١,١	٢١,١	٢١,١	١ ١
٧ —	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٧	١٢,٢	١٢,٧	٠,٥

ومما تجدر الإشارة إليه أن السكان الوطنيين فى الأقاليم الأستوائية قد يجدون من الصعب عليهم أن يتحملوا هذا الفرق اليومى فى درجة الحرارة على الرغم من أنه صغير فى حد ذاته ، وكثيراً مايضطر هؤلاء السكان لأن يوقدوا النار للتدفئة أثناء الليل إذا ماهبطت درجة الحرارة إلى أقل من ٢٠° مئوية،ويرجع هذا بصفة خاصة إلى ضعف مقدرتهم على الاحتمال بسبب معيشتهم فى مناخ لاتتغير مظاهره كثيراً من فصل إلى آخر أو من يوم إلى آخر .

والواقع أن الأقاليم الاستوائية بما يميزها من حرارة شديدة ورطوبة عالية طول السنة تعتبر من أقل بقاع العالم صلاحية لحياة الإنسان ، ولبذل المجهود الذهنى والبدنى .

الأمطار :

تعتبر الأقاليم الاستوائية من أغزر بقاع العالم أمطارا ، ويتراوح متوسط مايسقط بها سنويا مابين ١٥٠ و ٢٠٠ سنتيمتر ، ولكنه قد يزيد عن ذلك كثيراً فى بعض المناطق بحيث يصل أحيانا إلى أكثر من ٥٠٠ سنتيمتر . والأمطار التى تسقط فى هذه الأقاليم معظمها من نوع أمطار التيارات الصاعدة وهى تتبع فى سقوطها غالبا نظاما مألوفا يتكرر كل يوم تقريبا ، فهى تسقط عادة بعد الظهر ويكون سقوطها بغزارة شديدة بسبب مايحمله الهواء من كميات عظيمة من بخار الماء فإذا ماارتفع هذا الهواء تكثف البخار وسقطت الأمطار التى تكون عادة مصحوبة ببرق ورعد .

ويرتبط نظام الأمطار هذا على وجه الخصوص بالنظام اليومى لدرجة الحرارة ومايترتب عليه من نشاط فى صعود التيارات الهوائية . فقبل شروق الشمس مباشرة تكون الأرض مغطاة بطبقة من الضباب الذى يتكون بسبب برودة سطح الأرض أثناء الليل إلا أن هذا الضباب لايلبث أن ينقشع بعد شروق الشمس بقليل ، وتأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع بسرعة ويتبع ذلك تزايد فى نشاط التيارات الهوائية الصاعدة . وحوالى الظهر يكون هذا النشاط قد بلغ أشده ويتبعه تكون سحب ركامية عظيمة السمك (Cumulus) ثم تنهمر الأمطار بغزارة متناهية ، وعند الغروب تصفو السماء من جديد حتى الصباح وهكذا .

ويمتاز المناخ الاستوائى عادة بأن أمطاره لها قمتان تظهران فى الأشهر التى تعقب تعامد الشمس على خط الاستواء مباشرة ولهذا فإن إحدى القمتين تظهر فى أبريل بينما تظهر الأخرى فى نوفمبر ، ولكن لايشترط أن تكون القمتان دائما متساويتين لأننا كثيرا مانلاحظ أن إحدى القمتين تكون أكثر وضوحا من القمة الأخرى ، فمثلا إذا نظرنا إلى توزيع الأمطار فى بلدة عنتبة التى تقع على خط الاستواء نفسه نجد أن القمة التى تظهر فى الربيع أوضح بكثير من القمة التى تقع فى الخريف . فبينما نجد أن مجموع مايسقط فى أشهر

الربيع (مارس — أبريل — مايو) يبلغ ٦٥ سنتيمترا نجد أن مايسقط فى أشهر الخريف (سبتمبر — أكتوبر — نوفمبر) يبلغ حوالى ٣٥ سنتيمترا فقط .

وكما هى الحال فى بقية الأقاليم الحارة نلاحظ أن المناخ الاستوائى أوسع انتشارا فى شمال خط الاستواء منه فى جنوبه . فهو يشمل،على وجه الإجمال نطاقا يمتد مابين خطى عرض ٣° جنوبا و ٨°شمالا، ولكنه يتزحزح نحو الشمال فى فصل الصيف بحيث يصل أحيانا إلى خط عرض ١٨° ، ونحو الجنوب فى فصل الشتاء (الشمالى) بحيث يمتد أحيانا إلى خط عرض ١٠° جنوبا .

وإلى جانب أمطار التيارات الصاعدة التى تشتهر بها الأقاليم الاستوائية بصفة عامة تتميز بعض المناطق المرتفعة من هذه الأقاليم بسقوط مقادير كبيرة من أمطار التضاريس التى تكثر بصفة خاصة على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح المحملة ببخار الماء ، ففى إفريقية مثلا تسقط مقادير كبيرة من هذه الأمطار على المنحدرات الغربية لجبال الكمرون بسبب الرياح الجنوبية الغربية الممطرة التى تهب من ناحية المحيط الأطلسى ، وتبلغ كمية المطر التى تسقط سنويا على هذه المنحدرات أكثر من عشرة أمتار مقابل ١٥٠ سنتيمترا فقط على المنحدرات الشرقية لهذه الجبال ، وتسقط كذلك كثير من أمطار التضاريس على المنحدرات الشرقية لهضبة إفريقية الشرقية الاستوائية نتيجة لهبوب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية التى تأتى من المحيط الهندى .

وتتكرر هذه الظاهرة فى أمريكا الجنوبية حيث تسقط مقادير كبيرة من أمطار التضاريس على المنحدرات الشرقية لجبال الإنديز (فى إكوادور وكولومبيا) نتيجة لتصادم الرياح التجارية الآتية من الشرق بهذه المنحدرات بينما تكون الهضاب المحصورة بين سلاسل الجبال قليلة الأمطار بصفة عامة . وإذا انتقلنا إلى الجزر الاندونيسية نلاحظ أن أمطار التضاريس هى التى تسود فى معظم هذه الجزر وذلك نتيجة لوقوعها فى مهب الرياح الموسمية الشمالية فى الشتاء والموسمية الجنوبية فى الصيف .

أما الأمطار الإعصارية فقل أن تظهر فى الأقاليم الاستوائية إلا فى غرب إفريقية على ساحل غانة ، فهذا الساحل يتعرض لظهور نوع من الأعاصير المدارية يعرف فى هذه المنطقة باسم الترنادو[1] وهذه الأعاصير تنشأ فى منطقة التقاء الرياح التجارية الشمالية الشرقية بالرياح التجارية الجنوبية الشرقية التى تعبر خط الاستواء وتصير جنوبية غربية ، وهى تحدث فى أى وقت من السنة ويصحبها دائما هطول أمطار غزيرة جداً .

وهكذا نرى أن الظروف المحلية لها دخل كبير فى تحديد نوع الأمطار وكميتها وتوزيعها على أشهر وفصول السنة مما يجعل لكل إقليم من الأقاليم التى يضمها النطاق الاستوائى مميزات خاصة به ، فبعض الأقاليم أغزر أمطاراً من غيرها وفى معظمها توجد قمتان للأمطار ، إلا أن بعضها قد تظهر فيه قمة واحدة ، كما أنه قد يوجد خلاف بين هذه الأقاليم بعضها وبعض فى ميعاد ظهور قمة الأمطار أو قمتيها . ويلاحظ أن مثل هذه الاختلافات ليست واضحة فى درجة الحرارة بمعنى أن جميع الأقاليم الاستوائية تقريبا ، ماعدا الجبال والهضاب المرتفعة، تشترك فى شدة حرارتها وفى توزيع معدلاتها توزيعا منتظما على أشهر السنة ، ولهذا فإن الأمطار تعتبر العنصر المناخى الرئيسى الذى يمكن على أساسه تمييز الأقاليم التى يشملها المناخ الاستوائى بعضها عن بعض ، وينطبق هذا كذلك على الأقاليم الحارة الأخرى .

الحياة النباتية :

كان من نتيجة اجتماع الحرارة الشديدة والأمطار الغزيرة طول السنة فى الأقاليم الاستوائية أن ظهرت غابات كثيفة متعددة الفصائل والأنواع تحتوى على أشجار عظيمة الارتفاع تتشابك أغصانها بدرجة لاتسمح بوصول الضوء إلى أرض الغابة الذى ترتفع فوقه جذوع عظيمة السمك خالية من الأوراق ولكنها محاطة بأمراس ضخمة من نباتات متسلقة تحاول دائما أن ترتفع إلى أعلى لتصل إلى ضوء الشمس ، ومعظمها يحمل أزهارا كثيرة تظهر بألوانها الزاهية

(١) هذا الترنادو يختلف عن الترنادو العنيف الذى تتعرض له بعض الأقاليم المعتدلة .

الجدول رقم (١٦)

المعدلات الشهرية والسنوية للأمطار بالسنتيمترات
فى بعض المحطات الواقعة فى النطاق الاستوائى وهى :

١ ــ سنغافورة ــ ١° شمالا و ١٠٤° شرقا ، ٣ أمتار فوق سطح البحر .
٢ ــ دوالا ــ ٤° شمالا و ١٠° شرقا ، ٧ أمتار فوق سطح البحر .
٣ ــ بوجوتا ــ ٥° شمالا و ٧٤° غربا ، ٢٦٦١ مترا فوق سطح البحر .

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ــ	٢٥	١٧	١٩	١٩	١٧	١٧	١٧	٢٠	١٧	٢٠	٢٥	٢٧	٢٤٠
٢ ــ	٥	١٠	٢٠	٢٢	٣٠	٥٤	٧٤	٦٩	٥٣	٤٣	١٦	٧	٤٠٣
٣ ــ	١٠	٩	١١	٢٤	١٦	٨	٧	٨	٧	٢١	٢٤	١٤	١٥٩

المتباينة وسط هذه الطبقة الكثيفة من الأغصان المتشابكة ، أما أرض الغابة ، بين جذوع الأشجار ، فتكسوها أعشاب ونباتات خضراء عريضة الأوراق يحمل الكثير منها أزهاراً جميلة .

وبينما نجد أن باطن الغابة المظلم ذا الجو الخانق خال من الحياة الحيوانية تقريبا بحيث لاتسمع فيه أية حركة لقلة مايمكن أن يعيش فيه من الحيوانات نجد أن أعلى الأشجار يموج بأنواع متعددة من الحشرات وضفادع الأشجار والسحالى وثعابين الأشجار والطيور والقردة إلى غير ذلك ، ومعظم هذه الأنواع تقضى حياتها دون أن تلمس الأرض تقريبا ، وكثير منها يمتاز بألوانه الجميلة الزاهية التى لاتختلف كثيرا عن ألوان الأوراق والأزهار التى من حولها مما يجعل من الصعب تمييزها وسط هذه الأوراق ويجعل من السهل عليها الاختفاء من أعدائها .

ونظراً لأن الحرارة والأمطار متوفرتان طول السنة فليس هناك مجال لتوقف الإنبات والإزهار، ولهذا فإن النباتات كلها تقريبا من الأنواع دائمة الخضرة . ومثل هذا النوع من المناخ ، ولو أنه يساعد على سرعة النمو إلا أنه يعرقل فى كثير من الأحيان التوسع فى زراعة كثير من الحبوب الغذائية ، لأن معظم

محاصيل الحبوب يلزم لها فصل جاف نسبيا قبل الحصاد لكى تتم نموها وتنضج حبوبها ، وقد أمكن مع ذلك جعل أوقات الحصاد بالنسبة لبعض المحصولات الاستوائية مثل المطاط متفقة مع أقل فصول السنة مطراً ، وعلى هذا الأساس نجد أن موسم جمع المطاط مثلا يبدأ فى القسم الشمالى من حوض الأمزون فى أغسطس وينتهى فى فبراير بينما يبدأ فى القسم الجنوبى حوالى شهر مايو ويستمر حتى أكتوبر .

وأنواع الأشجار التى تنمو فى الغابات الاستوائية متعددة جدا وكثير منها له قيمة اقتصادية كبيرة إما لأخشابه أو لثماره أو لما يستخرج منه من مواد أولية ، ويعتبر الماهوجنى (الكابلى) mahogany والأبنوس من أهم أنواع الأخشاب التى يمكن الحصول عليها من الغابات الاستوائية التى توجد بها فضلا عن ذلك أنواع أخرى من الأشجار المهمة ذات القيمة الاقتصادية مثل أشجار المطاط والموز والكينا واللبان والتانين والكاكاو .

ولكن يلاحظ أن استغلال هذه الأنواع تقف دونه عقبات متعددة مما جعل المهتمين بها يفضلون إزالة الغابات الطبيعية لإحلال غابات زراعية محلها،إلا أن عملية إزالة الغابات نفسها تعتبر من العمليات الشاقة عظيمة التكاليف ، ويرجع هذا إلى عظم كثافة الغابات وصلابة أخشابها ، وخصوصا إذا لاحظنا أن غزارة الأمطار طول السنة تجعل من الصعب الاستعانة على إزالة الغابات بواسطة إشعال النيران فيها ، وهى الطريقة المتبعة فى كثير من جهات العالم الأخرى التى تمتاز بوجود فصل جاف تنقطع فيه الأمطار .

وهناك أسباب أخرى تجعل من الصعب جداً استغلال الأشجار المهمة،من أهمها صعوبة المواصلات داخل الغابة بحيث يصعب اختراقها ثم إنتشار الحشرات التى تسبب بعض الأمراض المهلكة ومن أشهرها مرض النوم الذى تسببه ذبابة « تسى تسى » وذلك فضلا عن تعدد فصائل النباتات والأشجار فى الغابة واختلاطها بدرجة كبيرة جداً حتى أن العثور على شجرة واحدة من

أشجار المطاط أو الكاكاو الطبيعية مثلا قد يتطلب البحث عنها فى مساحة واسعة جدا من الغابة ، وربما كان هذا هو أهم الأسباب التى جعلت التفكير يتجه إلى إزالة الغابات الطبيعية وغرس أشجار معينة مثل المطاط أو الموز أو الكاكاو محلها ، فقد أمكن مثلا إقامة مزارع واسعة للمطاط فى إندونيسيا وفى غيرها من جزر الهند الشرقية والملايو ، كما أمكن زراعة الكاكاو بكثرة فى غرب افريقية خصوصا فى غانة التى تنتج فى الوقت الحاضر أكثر من نصف محصول العالم من الكاكاو .

وتعيش داخل الغابات الاستوائية جماعات بشرية قليلة العدد أغلبها متأخرة من الناحية الحضارية ، ففى إفريقية مثلا تنتشر فى بعض هذه الغابات جماعات من الأقزام الذين يمثلون إحدى السلالات الزنجية القديمة ، وذلك بالإضافة إلى بعض الجماعات الزنجية الأخرى المتحضرة نسبيا ، وتعتمد هذه الجماعات فى حياتها على جمع الثمار والنباتات التى يمكن أكلها ، كما يقوم بعضها بصيد الحيوانات من الغابة أو بصيد الأسماك من مجارى المياه ، كما تنتشر حرفة الزراعة كذلك بين هذه الجماعات خصوصا زراعة النباتات ذات الجذور الدرنية التى يعتمدون عليها فى غذائهم مثل اليام Yam والكاسافا Casava .

وأسلوب الزراعة السائد عندهم هو الزراعة المتنقلة . ويلاحظ أن التربة فى الغابات الاستوائية فقيرة بصفة عامة لأن كثرة الأمطار تعمل على إذابة الأملاح الموجودة بها وعلى إزالتها، كما أن هذه التربة فقيرة فى المواد العضوية لأن عدم وجود فصل جاف فى المنطقة يعتبر من العوامل التى لاتساعد على تحلل البقايا النباتية والحيوانية تحللا كافيا .

وأهم الأقاليم التى يتمثل فيها المناخ الاستوائى هى :

١ ـ أمريكا الجنوبية حول خط الاستواء مابين المحيط الأطلسى فى الشرق والمحيط الهادى فى الغرب خصوصاً فى حوض الأمزون .

٢ ـ وسط إفريقية خصوصا فى حوض الكنغو وساحل غانة فى غرب القارة .

الإقليم الاستوائى بأمريكا الجنوبية كمثال للأقاليم الاستوائية .

يمثل حوض الأمزون أكبر منطقة فى العالم تسقط الأمطار على جميع أجزائها بغزارة طول السنة ، فعلى مساحة لاتقل عن خمسة ملايين من الكيلومترات المربعة تسقط الأمطار بمعدل يزيد على ١٧٥ سنتيمترا سنويا ، إلا أنه يوجد مع ذلك تباين ظاهر فى كمية المطر التى تسقط على الأجزاء المختلفة للحوض وتوزيعها على أشهر السنة نتيجة لاختلاف الظروف المحلية الخاصة بكل منها وخصوصا مايتعلق منها بالموقع والتضاريس .

وتقدر كمية الأمطار التى تسقط على حوض الأمزون بأكثر من عشرين ألف كيلومتر مكعب فى السنة ، وهذه الكمية العظيمة هى التى جعلت نهر الأمزون أعظم أنهار العالم من حيث كمية المياه التى تجرى فيه . ويبلغ تصريف هذا النهر حوالى ٣٦٢٠ كيلومترا مكعبا فى السنة ، ويليه فى ذلك نهر الكنغو الذى يبلغ تصريفه حوالى ٢٨٧٠ كيلومتراً مكعبا ، والواقع أن حوض الأمزون فى مجموعه أغزر أمطارا من حوض الكنغو، وربما كان السبب فى ذلك هو أن الأول مفتوح من جانبه الشرقى بحيث تجد الرياح التجارية الطريق أمامها مفتوحا إليه حتى تصادم الحافة الشرقية لجبال الإنديز فتؤدى إلى سقوط أمطار غزيرة ينصرف أغلبها إلى الحوض ، أما حوض الكنغو فتحيط به المرتفعات من جميع الجهات تقريبا خصوصا من ناحية الشرق حيث تعترض هضبة إفريقية الشرقية سبيل الرياح التجارية التى تهب من المحيط الهندى فتضطرها إلى إسقاط معظم أمطارها على المنحدرات الشرقية للجبال حتى إذا ماوصلت إلى حوض الكنغو كانت قليلة الأمطار ، وفضلا عن ذلك فإن الرياح التى تهب عليه من المحيط الأطلسى تكون أيضا قليلة الأمطار لمرورها على تيار بنجويلا البارد .

ويمكننا أن نقسم النطاق الاستوائى فى أمريكا الجنوبية على أساس كمية الأمطار وتوزيعها على فصول السنة إلى الأقسام الخمسة الآتية :

١ ـــ المنطقة الساحلية من جنوب مصب الأمزون حتى مصب نهر

أورينوكو فى الشمال،وهى من أغزر أجزاء حوض الأمزون أمطارا ، ويرجع ذلك إلى أن الرياح التجارية الشمالية الشرقية تهب عمودية على الساحل تقريبا . وتتراوح كمية المطر السنوية هنا مابين ٢٠٠ و ٢٥٠ سنتيمترا ، كما هى الحال فى مدينة بارا Para التى يبلغ معدلها حوالى ٢٢٥ سنتيمترا فى السنة . وأكثر الشهور مطراً هى فبراير ومارس وأبريل ومايو حيث يبلغ معدل مايسقط فى كل منها حوالى ٣٠ سنتيمترا، أما أقل الشهور مطرا فهى سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر حيث يبلغ معدل مايسقط فى كل منها أقل من سنتيمترين، ويمكننا بعبارة أخرى أن نقسم السنة إلى نصفين أحدهما ممطر يبدأ فى يناير وينتهى فى يونيو والثانى جاف نسبيا ويبدأ فى يوليو وينتهى فى ديسمبر .

٢ ـ المنطقة الممتدة إلى الشرق مباشرة من سلاسل جبال الإنديز بما فى ذلك السفوح الشرقية لهذه الجبال نفسها ، والأمطار فى هذا القسم أكثر منها فى القسم السابق،بل وفى أى قسم من الأقسام الأخرى التى يشملها حوض الأمزون ، والسبب فى ذلك هو أن الرياح التجارية الشرقية تضطر للارتفاع عند مصادمتها للجبال فتشتد غزارة الأمطار التى يزيدمعدلهاالسنوىعن ٢٠٠ سنتيمتر كما هى الحال فى بلدة إكيتوس Iquitos التى يسقط بها حوالى ٢٠٨ سنتيمترات فى السنة . والأمطار فى هذا القسم موزعة توزيعاً منتظما تقريبا على أشهر السنة فليس هناك فصل جفاف واضح . وشهر أغسطس هو أقل الشهور مطراً،ورغم ذلك فان معدل أمطاره يصل إلى حوالى ١٢ سنتيمترا .

٣ ـ الحوض الأوسط للأمزون،وهو أقل من القسمين السابقين أمطاراً ، وربما يرجع ذلك إلى استواء سطحه وقلة استفادته بأمطار الرياح التجارية . ويتراوح معدل مايسقط سنوياً فى هذا القسم مابين ١٥٠ و ٢٠٠ سنتيمتر ، وتمثله مدينة مناوس Manaos التى يبلغ معدل أمطارها حوالى ١٦٥ سنتيمترا فى السنة،ولكن يلاحظ مع ذلك أن الفصل الجاف أقصر هنا منه فى المنطقة الساحلية الشرقية،فبينما يمتد هذا الفصل فى بارا من مايو إلى نوفمبر نجد أنه يمتد

فى مناوس من يونيو إلى أكتوبر، فضلا عن أن معدل مايسقط فى أى شهر من الشهور فى المحطة الأخيرة لايقل عادة عن ٥ سنتيمترات .

٤ ــ الهضاب المحصورة بين سلاسل جبال الإنديز فى كولومبيا وإكوادور، وهى رغم ارتفاعها الذى لايقل عن ٢٠٠٠ قدم فوق سطح البحر قليلة الأمطار نسبيا لأن الجبال المحيطة بها تحول دون وصول الرياح الممطرة إليها . ويبلغ معدل الأمطار فى هذه الهضاب حوالى ١١٠ سنتيمترات ،ففى كيتو Quito وبوجوتا Bogota مثلا تصل كمية الأمطار إلى ١١٠ و ١٠٥ سنتيمترات على الترتيب .

وتمتاز بوجوتا رغم وقوعها على خط عرض ٥° شمالا بأنها تمثل النظام الاستوائى أصدق تمثيل ، وأمطارها موزعة على جميع أشهر السنة مع وجود قمتين لها إحداهما حوالى أبريل والثانية حوالى نوفمبر . ومن الغريب أن هذا النظام يكاد يختفى عند خط الاستواء نفسه . ففى بلدة كيتو الواقعة على هذا الخط نلاحظ أن نظام الأمطار لايتفق مع النظام الاستوائى المثالى ، بل إنه أكثر شبها بالنظام السائد فى المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء وفيها يوجد فصل جاف يشمل ثلاثة أشهر تقريبا هى يونيو ويوليو وأغسطس، بينما تغزر الأمطار فى باقى الأشهر .

والواقع أن جبال الإنديز فى كولومبيا هى المنطقة الوحيدة التى يتمثل فيها النظام الاستوائى تمثيلا واضحا فى أمريكا الجنوبية .

٥ ــ المنطقة الساحلية لجمهورية كولومبيا إلى الغرب من سلاسل الجبال ، وهذه المنطقة تتأثر بالتيار الاستوائى الراجع فى المحيط الهادى ، وهى غزيرة الأمطار بحيث لايقل المعدل السنوى فيها عن ٤٥٠ سنتيمترا، وقد يزيد عن ذلك كثيرا فى بعض الأماكن ، كما هى الحال فى بلدة بوينافنتورا Buenaventura التى يبلغ معدل المطر فيها حوالى ٦٥٠ سنتيمترا فى السنة . والأمطار موزعة على جميع الأشهر وإن كانت تقل نسبيا فى الخمسة أشهر التى تبدأ فى ديسمبر وتنتهى فى إبريل .

١١ ـــ ١ ـــ ٢ ـــ الأقاليم المدارية

تحديدها :

تشمل الأقاليم المدارية نطاقا عظيم الاتساع يمتد إلى الشمال وإلى الجنوب من النطاق الاستوائى الذى سبق الكلام عليه،وتشترك أغلب الأقاليم الواقعة فى هذا النطاق فى أن المعدل الحرارى فيها لاينخفض فى أى شهر من أشهر السنة عن ١٨° مئوية ، شأنها فى ذلك شأن الأقاليم الاستوائية ، أما الأمطار فإن نظامها ليس واحدا فى جميع أجزاء هذا النطاق .

وعلى هذا الأساس يمكننا أن نقسم هذه الأقاليم إلى عدة أقسام يتميز كل منها بنظام خاص للأمطار .

وتعتبر الصحارى الحارة من أهم أقسام الأقاليم المدارية،ولكننا مع ذلك لن نتكلم عليها فى هذا الفصل حيث أننا سنتكلم عليها مع بقية الأقاليم الصحراوية فى فصل مستقل .

أما الأقاليم التى سنتكلم عليها هنا فهى :

١ ـــ الأقاليم المدارية القارية (نوع السودان) .

٢ ـــ الأقاليم المدارية البحرية (نوع موزمبيق) .

(أ) الأقاليم المدارية القارية (نوع السودان) :

إذا مابتعدنا عن خط الاستواء نحو الشمال أو نحو الجنوب نجد أن الأحوال المناخية تأخذ فى التغير تدريجيا حتى نصل إلى نطاق تسوده الرياح التجارية طول العام ، ونظراً لأن الرياح التجارية جافة فى جملتها فقد ظهرت فى نطاق هبوبها أعظم صحارى العالم اتساعا وأشدها حرارة . وتشمل الأقاليم المدارية القارية عموما معظم الأقاليم التى تنحصر بين هذه الصحارى من جهة ونطاق المناخ الاستوائى من جهة أخرى ، وهذه تتمثل بصفة خاصة فى قارة إفريقية

جدول رقم (١٧)

معدلات الحرارة والأمطار

فى بعض محطات الأقاليم المدارية القارية (الارتفاعات منسوبة إلى سطح البحر)

١ ـــ الخرطوم ـــ ٣٥َ ١٥° شمالا و ٣١َ ٣٢° شرقا ، ٣٤٥ متراً

٢ ـــ الملاكال ـــ ٣٥َ ٩° شمالا و ٤٧َ ٣١° شرقا ، ٣٩٠ متراً

٣ ـــ كانو (نيجيريا) ـــ ١٢° شمالا و ٢٠َ ٨° شرقا ، ٤٦٨ متراً

أولا ـــ الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ـــ	٢٣	٢٥	٢٨	٣٢	٣٣	٣٣	٣٢	٣١	٣٢	٣٢	٢٨	٢٥	١٠
٢ ـــ	٢٧	٢٨	٣١	٣١	٢٩	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٥
٣ ـــ	٢٢	٢٤	٢٨	٣٢	٣١	٢٨	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٣	١٠

ثانيا ـــ المطر بالمليمترات

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	٣	١٢	٥٠	٧٣	١٨	٥	ـــ	ـــ	١٦١
٢ ـــ	ـــ	ـــ	٥	٣٠	٧٨	١٢٨	١٧٢	١٨٠	١٣٥	٧٦	١٢	٢	٨١٨
٣ ـــ	ـــ	ـــ	٣	١٢	٥٣	١١٨	٢١٣	٣١٥	١٤٨	١٧٥	ـــ	ـــ	١٠٣٧

حيث نجد أنها تشغل هنا نطاقين عظيمين إلى الشمال وإلى الجنوب من النطاق الاستوائى إلا أن الشمالى أعظم اتساعاً بكثير من النطاق الجنوبى .

والأقاليم المدارية القارية فى جملتها هى نفس الأقاليم التى تشتهر باسم أقاليم السفانا أو (أقاليم المناخ السودانى) وهى تتميز عموما بأنها تكون فى فصل الشتاء واقعة فى مهب الرياح التجارية الجافة وأنها تكون لهذا السبب عديمة الأمطار، أما فى فصل الصيف فإنها تدخل فى نطاق الضغط المنخفض الذى يتميز بأمطاره التى تسقط بسبب نشاط التيارات الصاعدة ، ومعنى ذلك أن أمطار هذه الأقاليم لاتختلف فى نوعها عن الأمطار الاستوائية . ولكن الفرق الرئيسى

بينما هو انقطاع سقوط الأمطار شتاء فى الأقاليم المدارية القارية ، بخلاف الحال فى الأقاليم الاستوائية التى لاينقطع مطرها فى أى فصل من الفصول .

ويلاحظ أن طول الفصل الممطر يتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا عن خط الاستواء نحو الشمال أو نحو الجنوب ، فعلى حدود النطاق الاستوائى مثلا نجد أن الفصل الممطر قد يشغل تسعة أشهر أو عشرة ، أما عند حدود الصحراء فقد لايزيد هذا الفصل عن شهرين أو ثلاثة .

ومما يسترعى النظر فى الأقاليم المدارية القارية عموما أن الانتقال من الفصل الممطر إلى الفصل الجاف أو العكس يحدث بطريقة شبه فجائية ، ويبدو أثر هذا الانتقال واضحا فى الحياة النباتية ومايتبعها من مظاهر الحياة الأخرى، حيث تكون هذه المظاهر فى الفصل الممطر مختلفة اختلافا تاما عنها فى الفصل الجاف وفيما يلى وصف مختصر للمظاهر المناخية والنباتية العامة فى كل فصل من هذين الفصلين .

(أ) ــ الفصل الممطر : يختلف طول هذا الفصل من منطقة إلى أخرى حسب البعد عن خط الاستواء ، فعلى حدود النطاق الاستوائى مثلا نجد أن الفصل الممطر قد يشغل تسعة أشهر أو عشرة .

أما على حدود الصحراء فإنه لايشغل أكثر من شهرين أو ثلاثة أشهر ، وبنفس الشكل تتناقص كمية الأمطار السنوية كلما بعدنا عن خط الاستواء ، فعلى الرغم من أن متوسط مايسقط من المطر فى معظم الأقاليم المدارية القارية يتراوح بين ٥٠ و ١٠٠ سنتيمتر فى السنة فإن هذه الكمية قد ترتفع إلى ١٢٥ سنتيمترا على حدود النطاق الاستوائى وتنخفض إلى حوالى عشر بوصات فقط على حدود الصحراء ، ومع ذلك فيجب أن نلاحظ أن كمية المطر تتباين فى المنطقة الواحدة تباينا عظيما من سنة إلى أخرى، فقد يحدث أن ترتفع كمية المطر فى سنة من السنين إلى ضعف معدلها العام بينما يحدث فى سنين أخرى أن تنخفض الكمية إلى نصف هذا المعدل .

ويعتبر عدم الاستقرار في نظام سقوط الأمطار بهذا الشكل من أهم العوامل التي يتعرض بسببها الإنتاج الزراعي في هذه المناطق إلى أخطار شديدة خصوصا في المناطق الواقعة بالقرب من حدود الصحراء لأن أقل تغير في كمية الأمطار التي تسقط في هذه المناطق تكون لها آثار خطيرة على الحياة النباتية سواء في ذلك الحشائش الطبيعية أو المحاصيل الزراعية .

وفضلا عن التباين الشديد في كمية المطر السنوية فإن اتفاق فصل المطر مع فصل الحرارة الشديدة يترتب عليه ضياع كمية كبيرة من المياه بالتبخر ، مما يقلل من القيمة الفعلية للأمطار ، ولهذا فإن الحد الأدنى اللازم لنجاح الزراعة في هذه المناطق يجب ألا يقل في الغالب عن ٧٥ سنتيمترا . ولكن يلاحظ أن أشد أيام السنة حرارة لاتوجد عادة في قلب الفصل الممطر نفسه بل توجد في الشهر الذي يسبق هذا الفصل مباشرة وكذلك في الشهر الذي يعقبه مباشرة ، والسبب في ذلك هو أن سقوط الأمطار يعتبر في حد ذاته من العوامل التي تساعد على تلطيف حرارة الجو .

والفصل الممطر هو فصل الحياة والرخاء في الأقاليم المدارية،فما أن يبدأ سقوط الأمطار حتى تأخذ الحياة النباتية في النمو بسرعة عجيبة بحيث يتغطى سطح الأرض في خلال أسبوعين أو ثلاثة بطبقة عظيمة الكثافة من الحشائش المرتفعة كما تعود الأشجار للإخضرار . وليس هذا النمو السريع للحياة النباتية إلا نتيجة طبيعية لاجتماع الأمطار الغزيرة مع الحرارةالشديدة، وهما العاملان الرئيسيان في نمو النباتات وذلك بشرط أن تكون كمية الأمطار كافية لتحمل البخر الشديد الذي يسببه ارتفاع درجة الحرارة في فصل سقوطها .

وعند انتهاء موسم الأمطار تعود الحالة تدريجيا إلى ماكانت عليه من فقر وحرارة وجفاف . وتعتبر الأسابيع الأخيرة من الفصل المطير من أجمل أوقات السنة من حيث ملاءمة الأحوال الجوية فيها لحياة الإنسان،فالرطوبة الشديدة التي يتميز بها الفصل الممطر تكون قد نقصت نوعا ما بينما لاتكون درجة الحرارة قد ارتفعت إرتفاعها الشديد بعد . كما أن الأتربة الكثيرة التي يتغطى بها

سطح الأرض والتى كثيراً ماتعكر الجو فى الفصل الجاف لاتكون قد كثرت بعد فى هذا الوقت .

وعلى العكس من ذلك فإن الفترة التى تسبق فصل المطر مباشرة تتميز بقسوة مناخها ، لأن درجة الحرارة فيها تكون قد بلغت أقصى ارتفاع لها ، كما تكون رطوبة الهواء آخذة فى الزيادة المستمرة بينما لايكون أثر الأمطار فى تلطيف حرارة الجو قد أصبح ملموسا .

(ب) الفصل الجاف : يستمر تأثير الأمطار على سطح الأرض حوالى أسبوعين بعد انتهاء موسم المطر ، وتكون التربة خلال هذه الفترة مازالت تحتفظ بنسبة من رطوبتها ، وتظل النباتات التى تغطيها ، بما فى ذلك الأشجار والأحراج والحشائش محتفظة بلونها الأخضر .

ولكن سرعان مايأخذ لونها فى الاصفرار ثم الذبول والجفاف ، كما أن البرك والجداول التى تكون قد تكونت فى فصل المطر تأخذ فى الجفاف بسبب ضياع مياهها بالتبخر والتسرب ، وتنخفض مناسيب معظم الأنهار ، وتتغطى الأرض فى معظم الجهات بطبقة من الأتربة الناعمة والنباتات اليابسة التى تتطاير بكثرة مع الهواء فتؤدى إلى تعكير الجو .

ومن الطبيعى أن تكون الرطوبة النسبية فى هذا الفصل منخفضة عموما ، وهى تتراوح فى متوسطها مابين ٦٠٪ و ٧٠٪ ، بل أنها كثيراً ماتنخفض عن ذلك انخفاضا كبيرا . ويحدث ذلك بصفة خاصة عند هبوب الرياح الجافة من ناحية الصحراء ومنها رياح الهارماتان التى تهب من الصحراء الكبرى نحو ساحل غانة ، فكثيرا ماتنخفض الرطوبة النسبية عند هبوبها إلى ٣٠٪ .

وتتميز أيام الفصل الجاف عموما بصفاء سمائها وشدة حرارتها وارتفاع مدى التغير اليومى للحرارة فيها ، وكثيراً ماترتفع النهايات العظمى التى تسجل فى أيامها عن ٤٣,٣° مئوية .

أما المعدل اليومى لدرجة الحرارة فيكون هو الآخر مرتفعا حتى أنه يصل فى بعض الأشهر إلى حوالى ٣٣,٢° مئوية .

وتستمر الحرارة فى ارتفاعها تدريجيا كلما اقترب موسم الأمطار ، ثم تنخفض نوعا ما خلال هذا الموسم ، ولكنها سرعان ماتعود للارتفاع مرة أخرى عقب انتهاء موسم المطر ولكن بدرجة أقل من ارتفاعها قبل بدايته . ففى الخرطوم مثلا يرتفع المعدل الحرارى إلى ٣٣,٣° فى مايو ويونيو ويهبط إلى ٣٠,٦° فى أغسطس ثم يعود للارتفاع إلى ٣٢,٢° فى كل من سبتمبر وأكتوبر ، وفى مدينة كانو بشمال نيجيريا نجد أن معدل درجة الحرارة يصل إلى ٣١,٥° مئوية فى أبريل و ٣١,٣° فى مايو ثم ينخفض إلى ٢٥° فى أغسطس ولكنه يعود للارتفاع مرة أخرى حتى يصل إلى ٢٧,٢° فى أكتوبر . وفى نهاية موسم الجفاف تتعرض الأقاليم المدارية لنوع من الأعاصير أو العواصف الشديدة التى تعرف فى غرب إفريقية باسم الترنادو ، ويبدأ ظهورها عموما فى شهر أبريل وتستمر حتى شهر يونيو ثم تختفى تقريبا فى فصل الأمطار ولكنها تعود للظهور مرة أخرى فى أعقاب الفصل الممطر أى فى فصل الخريف .

٢ ــ المناخ المدارى البحرى (نوع موزمبيق) :

أهم أوجه الاختلاف بين النوع القارى والنوع البحرى من المناخ المدارى هى أن أمطار النوع الأول تسقط عموما فى نصف السنة الصيفى بسبب التيارات الصاعدة بينما تسقط أمطار النوع الثانى طول السنة نتيجة لعاملين هما التيارات الهوائية الصاعدة التى يتميز بها نطاق الضغط المنخفض الاستوائى ثم الرياح التجارية التى تؤدى إلى سقوط كثير من أمطار التضاريس على السواحل الشرقية للقارات فى العروض المدارية ، والواقع أن هذا النوع الأخير من الأمطار هو الذى يسود فى المناخ المدارى البحرى ، خصوصاً فى الأجزاء البعيدة عن خط الاستواء .

أما أمطار التيارات الصاعدة فلا تسقط إلا فى فصل الصيف فى المناطق

الغربية من خط الاستواء عندما ينتقل إليها نطاق الضغط المنخفض الاستوائى بينما يؤدى هبوب الرياح التجارية عليها فى بقية فصول السنة إلى سقوط أمطار من نوع آخر هى أمطار التضاريس التى تحملها هذه الرياح وتسقط على منحدرات الجبال.

وأهم المناطق التى يتمثل فيها النوع البحرى من المناخ المدارى هى المناطق الساحلية فى كينيا و تانزانيا وموزمبيق فى إفريقية والنصف الشرقى لجزيرة مدغشقر ثم السواحل الشرقية للبرازيل وأمريكا الوسطى وجنوب شرق الولايات المتحدة حول شبه جزيرة فلوريدا والسواحل المواجهة لهبوب الرياح التجارية فى جزر الهند الغربية ، وكذلك فى جزر هاواى وجزر ساموا فى المحيط الهادى وفى جميع هذه المناطق نجد أن النباتات الطبيعية تتكون فى جملتها من غابات كثيفة دائمة الخضرة لاتختلف كثيراً عن غابات الأقاليم الاستوائية .

وتختلف كمية الأمطار من مكان إلى آخر على حسب نظام التضاريس واتجاه المنحدرات بالنسبة لاتجاه هبوب الرياح الممطرة . فالسواحل الشرقية المرتفعة تكون عادة أغزر مطراً من السواحل المقابلة لها فى الغرب ففى جزيرة جامايكا مثلا تبلغ كمية المطر على السواحل الشرقية المرتفعة حوالى ٣٥٠ سنتيمتراً بينما تبلغ الكمية على السواحل الغربية المقابلة لها فى نفس الجزيرة حوالى ١٠٠ سنتيمتر فقط (راجع أرقام مدينتى بورت أنطونيو Port Antonio وكنجستون Kingston . وفى أمريكا الوسطى نجد كذلك أن كمية المطر التى تسقط على السواحل المطلة على المحيط الأطلسى تزيد كثيراً عن كمية المطر التى تسقط على السواحل المطلة على المحيط الهادى المقابل .

فبينما نجد أن أمطار مدينة كولون Colon تصل إلى ٣٢٥ سنتيمتراً نجد أن أمطار مدينة بالبوا Balboa تبلغ ١٧٥ سنتيمترا فقط[1] وإذا انتقلنا إلى جزر هاوى ، وهى واقعة فى طريق الرياح التجارية الشماليه الشرقيه نجد نفس هذه الظاهرة ممثلة بوضوح . فبينما تزيد أمطار مدينة هيلو Hilo الواقعة على

(١) هاتان المدينتان واقعتان على طرفى قناة بنما .

الساحل الشمالى الشرقى، عن ٣٢٥ سنتيمتراً فى السنة فإن أمطار مدينة هيليا Hilea الواقعة على الساحل الجنوبى الغربى فى منطقة ظل المطر لاتزيد عن ٨٨ سنتيمترا، وهذا هو السبب فى وجود منطقة شبه صحراوية صغيرة فى هذه المنطقة وهى منطقة كاو Kau .

ونظراً لأن أغلب أمطار المناخ المدارى البحرى من نوع الأمطار التضاريسية فإن الارتفاع يعتبر عاملا أساسيا فى سقوطها ، ولذلك فإن الجزر ذات السطح المنخفض تكون قليلة الأمطار بصفة عامة ، ففى جزر الهند الغربية لاتزيد الأمطار على ١٢٥ سنتيمتراً فى السنة .

وإذا نظرنا إلى التوزيع الفصلى للأمطار نجد أنه لايتبع نظاما واحداً فى جميع المناطق ، ففى بعض المناطق تظهر قمة الأمطار فى فصل الشتاء وهو فصل اشتداد هبوب الرياح التجارية، وهذا هو مايحدث فى جزر هاواى مثلا (راجع أرقام مدينة هونولولو) وفى بعضها الآخر تظهر قمة المطر فى فصل الصيف وينطبق هذا بصفة خاصة على الأطراف الواقعة قرب خط الاستواء لأن هذه الأطراف تدخل عندئذ فى نطاق الضغط المنخفض الاستوائى ، وتسقط نسبة كبيرة من أمطارها بسبب التيارات الصاعدة. ومن أمثلة ذلك مايحدث فى جزيرة ترينيداد من جزر الهند الغربية وجزيرة ساموا فى المحيط الهادى (خط ١٤° جنوبا) ولكن إذا صرفنا النظر عن المناطق السابقة التى تظهر قمة المطر فيها فى فصل الشتاء أو فى فصل الصيف فإن قمة المطر فى معظم الأقاليم المدارية البحرية الأخرى تظهر فى فصل الخريف ، لأن درجة حرارة مياه البحار تكون عندئذ مرتفعة بينما تكون درجة حرارة اليابس آخذة فى الانخفاض .

ومما تجدر الإشارة إليه أن بعض المناطق التى يشملها المناخ المدارى البحرى مثل جزيرة مدغشقر وجزر الهند الغربية تعتبر من أكثر أقاليم العالم تعرضا لظهور الأعاصير المدارية التى يترتب عليها حدوث خسائر جسيمة فى كثير من الأحيان ، وتكثر هذه الأعاصير بصفة خاصة فى فصل الصيف ، ومن أشهرها

المداريكين فى جزر الهند الغربية ، ومن أقرب حوادث الأعاصير إلى الأذهان الإعصاران اللذان أصيبت بهما جزر موريس فى المحيط الهندى إلى الشرق من جزيرة مدغشقر ، وقد كان أحدهما فى يناير سنة ١٩٦٠ والثانى فى فبراير من نفس السنة، وقد ترتب على الأول قتل ٦ أشخاص وجرح عدة مئات وتشريد أكثر من عشرة آلاف بعد هدم مساكنهم ، كما ترتب على الثانى قتل ثلاثين شخصا وجرح عدة مئات وتشريد عدة آلاف ، ولم يكد يسلم أى مبنى من مبانى الجزيرة من الأضرار .

أما درجة الحرارة فلا تختلف فى هذا النوع من المناخ اختلافا كبيرا عنها فى المناخ الاستوائى ، فهى مرتفعة طول العام ، ويندر أن ينخفض معدلها السنوى عن ٢١° مئوية ، ويبين الجدول رقم (١٨) معدلات الحرارة والأمطار فى بعض المحطات التى تمثل هذا النوع من الأقاليم .

جدول رقم (١٨)

معدلات الحرارة والمطر

فى بعض محطات الأقاليم المدارية البحرية وهى :

١ ــ ممبسة ــ ٤° جنوبا و ٤٠° شرقاً ، ٧ أمتار .

٢ ــ تاناناريف ــ ١٩° جنوبا و ٤٨° شرقا ، ١٣٧٠ مترا

٣ ــ بيرا ــ ٢٠° جنوبا و ٤٤° شرقا ، ١٥ مترا

٤ ــ لورنسو ماركس ــ ٢٦° جنوبا و ٣٣° شرقا ، ٥٩ مترا

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	٢٨	٢٨	٢٩	٢٨	٢٦	٢٦	٢٥	٢٥	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٤
٢ ــ	٢١	٢١	٢١	٢٠	١٨	١٦	١٤	١٥	١٧	١٩	٢١	٢١	٧
٣ ــ	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٤	٢٣	٢٢	٢٣	٢٤	٢٦	٢٨	٢٨	٦
٤ ــ	٢٥	٢٦	٢٤	٢٣	٢١	١٨	١٨	١٩	٢١	٢٣	٢٣	٢٥	٨

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ــ	٣	١	٦	١٩	٣٢	١٢	٩	٩	٦	٩	[illegible]	٩	١١٩
٢ ــ	٣٠	٢٩	١٨	٥	٢	١	١	١	٠٫٢	٦	١٣	٢٩	١٣٧
٣ ــ	٢٦	٢٥	٢٤	١١	٦	٣	٢	٣	٢	٤	١٢	٢٥	١٤٣
٤ ــ	١٣	١٣	١٥	٥	٣	١	٣	٢	٢٠	٥	٨	١١	٩٩

١١ ـ ١ ـ ٣ ـ الأقاليم الموسمية الحارة

١ ـ الأقاليم الموسمية الاستوائية (نوع إندونيسيا) :

تتمثل هذه الأقاليم بصفة خاصة فى جزر إندونيسيا وغيرها من جزر الهند الشرقية ، فعلى الرغم من أن خط الاستواء يمر فى وسط هذه الجزر تقريبا ، فإن موقعها بين آسيا من جهة واستراليا من جهة أخرى جعلها تتأثر بالتغيرات التى تطرأ على توزيع الضغط الجوى ونظام هبوب الرياح على كل منهما ، وذلك بالإضافة إلى ماهو معروف عن تزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نفسه نحو الشمال فى فصل الصيف (الشمالى) ونحو الجنوب فى فصل الشتاء . ومن الممكن أن نضم إلى هذه الأقاليم كذلك معظم أقاليم غانة فى إفريقية وخصوصا الأقاليم المرتفعة مثل هضاب فوتاجالون فى أقصى الغرب ، كما نضم إليها أيضا الشريط الساحلى فى إكوادور وكولومبيا فى غرب أمريكا الجنوبية ومنحدرات جبال الإنديز المشرفة عليه من ناحية الشرق ، وكذلك الشريط الساحلى والمرتفعات المشرفة عليه فى جنوب غربى أمريكا الوسطى .

وتسقط الأمطار فى كل هذه الأقاليم طول السنة ، شأنها فى ذلك شأن الأقاليم الإستوائية العادية عموما ولكنها مع ذلك تختلف عنها من حيث نوع الأمطار وتوزيعها على أشهر وفصول السنة ، فبينما نجد أن أمطار المناخ الاستوائى كلها تقريبا من نوع أمطار التيارات الصاعدة نجد أن مطر هذه التيارات لايمثل إلا نسبة صغيرة من أمطار المناخ الموسمى الاستوائى . أما أغلب أمطار هذا المناخ فتسقط نتيجة لهبوب الرياح الموسمية التى تأتى من ناحية الجنوب فى فصل الصيف ومن ناحية الشمال فى فصل الشتاء وتكون فى كلا الفصلين محملة بكميات كبيرة من بخار الماء بسبب مرورها على مسطحات مائية دافئة . وتلعب التضاريس دورا هاما فى توزيع هذه الأمطار ، ففى الجزر الاندونيسية مثلا نجد أن السواحل الشمالية ، وخصوصا السواحل المرتفعة تكون أغزر مطرا فى فصل الشتاء الشمالى من السواحل الجنوبية ، والعكس هو

الذى يحدث فى فصل الصيف تبعاً لاتجاه هبوب الرياح الممطرة .

أما توزيع الأمطار على أشهر وفصول السنة فيختلف من منطقة إلى أخرى على حسب نظام توزيع الضغط الجوى وهبوب الرياح ، ويمكننا أن نقسم الجزر الإندونيسيه من هذه الناحية إلى ثلاثة نطاقات .

(أ) النطاق الواقع إلى الشمال من خط عرض ٥° شمالا وفيه تبلغ الأمطار قمتها فى فصل الصيف (من يونيو إلى أكتوبر)، وذلك لأن الضغط المنخفض الاستوائى يتزحزح شمالا فى هذا الفصل فتسقط نسبة كبيرة من الأمطار بسبب التيارات الصاعدة ، وذلك بالإضافة إلى أمطار التضاريس التى تأتى بها الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، أما فصل الشتاء (من ديسمبر إلى أبريل) فهو أقل فصول السنة مطراً فى هذا النطاق .

(ب) النطاق الواقع إلى الجنوب من خط عرض ٥° جنوبا ، وفيه تكون الأحوال معاكسة تماما لما يحدث فى النطاق الشمالى ، حيث تزداد الأمطار فى الفترة من ديسمبر إلى أبريل بسبب تزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الجنوب ، وتبلغ حدها الأدنى فى الفترة التى تبدأ فى يونيو وتنتهى فى أكتوبر . ويجب أن نلاحظ على الرغم من ذلك أنه من النادر أن نجد شهرا ينعدم فيه سقوط الأمطار فى كل الجزر الأندونيسية .

(جـ) النطاق الأوسط المحصور بين النطاقين السابقين ، وفيه يكون توزيع الأمطار منتظما بصفة عامة على جميع فصول السنة .

أما درجة الحرارة فتختلف فى المناخ الاستوائى الموسمى عنها فى المناخ الاستوائى العادى إذ أنها مرتفعة طول السنة ، ولاينخفض معدلها عن ٢١° مئوية فى أى شهر من الشهور ، إلا فى الجهات المرتفعة التى تدخل فى الواقع ضمن نوع خاص من المناخ سنتكلم عليه بعد قليل . ومما يزيد فى قوة تأثير الحرارة أن نسبة الرطوبة فى الهواء تكون مرتفعة ارتفاعا شديدا فى الأقاليم التابعة للمناخ الاستوائى عموما (راجع الجدول رقم ١٩)

جدول رقم (١٩)

معدلات الحرارة والأمطار فى بعض المحطات الواقعة فى الأقاليم الموسمية الاستوائية وهى :

١ ـــ جاكارتا ـــ ٦° جنوبا و ١٠٧° شرقا ، ٧ أمتار
٢ ـــ ميامى (فلوريدا) ـــ ٣٣° شمالا و ١١١° غربا ، متران
٣ ـــ فرى تون ـــ ٣٠َ ٨° شمالا و ١٣° غربا ، ٥٥ مترا
٤ ـــ كولون (باناما) ـــ ٩° شمالا و ٧٩° غربا ، ٣٦ مترا

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ـــ	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٦	٢٦	٢٦	١
٢ ـــ	٢٠	٢٠	٢٢	٢٣	٢٥	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٧	٢١	٨
٣ ـــ	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢
٤ ـــ	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٧	٢٦	١

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يوليو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ـــ	٣٣	٣٢	٢٠	١٣	١٠	٩	٧	٤	٧	١١	١٤	٢١	١٨١
٢ ـــ	٦	٥	٦	٤	١٨	١٩	١٣	١٦	٢٣	٢٣	٨	٤	١٥٠
٣ ـــ	١	١	٣	٩	٢٦	٥٠	٨٨	٨٩	٦٩	٣٠	١٤	٣	٣٨٣
	٩	٤	٤	٩	٣١	٣٤	٤١	٣٨	٣٢	٣٨	٣٥	٣١	٣٠٦

وإذا نظرنا إلى الحياة النباتية فى المناخ الاستوائى الموسمى نجد أنها لاتختلف كثيرا عن الحياة النباتية فى الأقاليم الاستوائية الأخرى ، فهى فى جملتها عبارة عن غابات مطيرة دائمة الخضرة عظيمة الكثافة .

الأقاليم الموسمية المدارية (نوع الهند) :

توجد هذه الأقاليم بصفة خاصة فى جنوب وجنوب شرق آسيا، حيث تتمثل فى الهند وبورما وجنوب الصين والهند الصينية وجزر الفلبين كما تتمثل فضلا عن ذلك فى شمال استراليا وفى الحبشة والصومال واليمن ، وأهم أوجه الاختلاف بين مناخ هذه الأقاليم وبين الأنواع الأخرى من المناخ المدارى هى أن النظام العام للرياح التجارية التي تسود هذه الأنواع الأخيرة يطرأ عليه بعض الاختلاف بسبب التغيرات التى تطرأ على حالة الضغط الجوى فوق كتل اليابس الكبرى خصوصا على قارة آسيا لأن هذه القارة تكون فى فصل الشتاء مركزا لضغط مرتفع عظيم الاتساع تخرج منه الرياح الموسمية الشتوية نحو السواحل الجنوبية والشرقية للقارة ، بينما تكون فى فصل الصيف مركزا لضغط منخفض عظيم الاتساع شديد العمق تنجذب نحوه الرياح الموسمية الصيفية من المحيطين الهادى والهندى ، ولهذا السبب نجد أن هذه القارة تضم أعظم الأقاليم الموسمية المدارية فى العالم حيث تشمل القسم الأكبر من جنوب وجنوب شرق القارة .

وتسقط أمطار معظم هذه الأقاليم فى فصل الصيف وأغلبها أمطار تضاريسية تكثر بصفة خاصة على السواحل المرتفعة التى تهب الرياح عمودية عليها من ناحية البحر ، كما هى الحال على المنحدرات الغربية لجبال الملايو وبورما والمنحدرات الغربية لجبال غات الغربية .

ويلاحظ أن سقوط الأمطار الموسمية على المنحدزات الغربية بهذا الشكل يخالف ماهو مألوف عن أمطار الأقاليم المدارية الأخرى عموما ؛ إذ المعروف أن أمطار هذه الأقاليم تتناقص كلما توغلنا فى اليابس نحو الغرب .

وعلى الرغم من أن أمطار الأقاليم الموسمية المدارية تسقط فى جملتها فى فصل الصيف ، فإن الظروف المحلية الخاصة بالموقع والتضاريس قد تساعد كذلك على سقوط أمطار شتوية فى بعض الأقاليم، كما هى الحال فى جزيرة سيلان وأقصى

الطرف الجنوبى الشرقى لهضبة الدكن وعلى ساحل أنام وفى جزر الفلبين حيث أن سقوط الأمطار فى هذه المناطق لايقتصر على فصل الصيف عند هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، بل إن الرياح الموسمية الشمالية الشتوية تسقط كذلك كثيرا من الأمطار فى هذه المناطق ، لأن مرورها على مسطحات مائية دافئة يساعدها على حمل كميات كبيرة من بخار الماء .

ويختلف طول الفصل الممطر فى الأقاليم الموسمية المدارية من منطقة إلى أخرى على حسب الظروف المحلية ، وخصوصا مايتعلق منها بالموقع والتضاريس واتجاه الرياح ، ففى الهند مثلا نجد أن طول الفصل الممطر يزداد كلما اتجهنا جنوبا نحو الأطراف الجنوبية لهضبة الدكن لأن هذه الأطراف هى أول المناطق التى تصل إليها الرياح الموسمية الصيفية الممطرة من المحيط الهندى ، كما أنها هى آخر المناطق التى تختفى منها هذه الرياح .

وتتميز الأقاليم الموسمية عموما بأنها من أكثر أقاليم العالم تعرضاً لحدوث تغيرات كبيرة فى كمية الأمطار وفى طول الفصل الممطر من سنة إلى أخرى ، فقد تؤدى قلة الأمطار فى سنة من السنين إلى هبوط شديد فى المحاصيل الزراعية فتنتشر المجاعات فى جهات كثيرة كما يحدث أحيانا فى الصين وفى ولايات الهند الوسطى والشمالية ، ولكن قد تكون الحالة على العكس من ذلك تماما فى نفس الجهات فى بعض السنين الأخرى حيث تزيد الأمطار بدرجة تؤدى إلى حدوث فيضانات غاية فى الخطورة ، ومثال ذلك ماحدث فى جنوب الصين فى سنة ١٩٣١ عندما فاض نهر يانج تسى فيضانا خطيراً غرق بسببه مالايقل عن أربعة ملايين مسكن وهلك عدة آلاف من الأنفس وأصبح حوالى ٢٠ مليون من السكان بدون مأوى وغمرت السيول ثمان مقاطعات انتشرت فيها الأوبئة والمجاعات .

والواقع أن طبيعة الأمطار الموسمية تساعد على ضياع كميات كبيرة من المياه دون فائدة ، لأن الأمطار تسقط عادة بغزارة شديدة يترتب عليها ظهور سيول

جارفة لايسهل خزن مياهها أو التحكم فيها واستخدامها فى أغراض الرى والزراعة ، فقد يزيد معدل مايسقط من الأمطار فى اليوم الواحد من الأيام الممطرة على ٩٠ سنتيمترا ، ويحدث هذا فى الأماكن التى تساعد تضاريسها وموقعها على إسقاط الأمطار الغزيرة ، كما هى الحال فى منطقة شيرابونجى فى أسام ، راجع الجدول رقم (٢٠)

جدول رقم (٢٠)

معدلات الحرارة والأمطار فى بعض المحطات الواقعة فى الأقاليم الموسمية المدارية ، وهى :

١ ــ بمباى ــ ١٩° شمالا و ٧٣° شرقا ، ١١ مترا فوق سطح البحر
٢ ــ رانجون ــ ١٧° شمالا و ٩٣ شرقا ، ٦ أمتار فوق سطح البحر
٣ ــ شيرابونجى ــ ٢٥° شمالا و ٩٢° شرقا ، ١٣١٤ مترا فوق سطح البحر
٤ ــ مانيلا ــ ١٥° شمالا و ١٢١° شرقا ، ١٤ مترا فوق سطح البحر
٥ ــ أديس أبابا ــ ٩° شمالا و ٣٩° شرقا ، ٢٤٣٩ مترا فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	٢٤	٢٤	٢٧	٢٨	٣٠	٢٩	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٥	٦
٢ ــ	٢٥	٢٦	٢٩	٣٠	٢٩	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٥	٦
٣ ــ	١٢	١٣	١٦	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢١	٢١	١٩	١٦	١٣	٩
٤ ــ	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٥	٣
٥ ــ	١٦	١٧	١٨	١٨	١٩	١٨	١٧	١٦	١٦	١٧	١٥	١٥	٤

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ــ	ــ	ــ	ــ	ــ	٢	٥١	٦١	٣٧	٢٧	٥	١	ــ	١٨٤
٢ ــ	١	١	١	٣	٣١	٤٧	٥٤	٥٠	٣٩	١٩	٧	١	٢٥٤
٣ ــ	٢	٦	٢٧	٨٠	١٢٧	٢٥٩	٢٦٩	٢٠٤	١٢٤	٤٣	٦	١	١١٤٨
٤ ــ	٢	١	٢	٣	١١	٢٣	٤٤	٤١	٣٦	١٧	١٣	٨	٢٠١
٥ ــ	٢	٥	٧	٩	٨	١٥	٢٨	٣١	٢٠	٢	٢	١	١٣٠

ويلاحظ أن الانحدار الشديد لمياه الأمطار فوق سطح الأرض له أضرار أخرى من أهمها أنه يساعد على جرف التربة الناعمة وإزالتها من على جوانب المنحدرات . وتعتبر هذه الظاهرة من أهم المشكلات التى تواجه التوسع الزراعى فى الأقاليم الموسمية المدارية ذات المطر الغزير ، ومع ذلك فإن هذه الأقاليم تعد من أهم مناطق الإنتاج الزراعى فى العالم خصوصاً بالنسبة لإنتاج الأرز والشاى .

أما الحياة النباتية فى هذه الأقاليم فتختلف من منطقة إلى أخرى على حسب كمية الأمطار وطول الفصل الممطر . وعلى هذا الأساس نجد أن الحياة النباتية تتدرج من غابات كثيفة دائمة الخضرة لاتختلف كثيراً عن الغابات الاستوائية إلى غابات نفضية أو شبه نفضية تسقط أوراقها فى فصل الجفاف،وقد تسود فى المناطق قليلة الأمطار حشائش تشبه السفانا ، ومع ذلك فإن النوع النباتى السائد فى الأقاليم الموسمية هو الغابات النفضية وشبه النفضية ، وهى تغطى مساحات واسعة فى الهند وبرما والهند الصينية وشمال استراليا .

١١ ـ ١ ـ ٤ ـ مناخ الجبال فى الأقاليم الحارة

ليس من شك فى أن الارتفاع عن سطح البحر فى بعض الأقاليم الجبلية الواقعة فى النطاق الاستوائى وكذلك فى النطاق المدارى يجعل لهذه الأقاليم صفات مناخية خاصة تميزها عن غيرها من الأقاليم الحارة ، ففى النطاق الاستوائى نلاحظ أن مناخ الهضاب التى يتراوح ارتفاعها مابين ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ متر فوق سطح البحر يكون عادة أقل حرارة وأقل مطراً عن مناخ الجهات المنخفضة المجاورة لها،ومع ذلك فإننا نلاحظ غالبا أن نوع الأمطار وتوزيعها على الأشهر يكاد يكون واحداً فى الهضاب المرتفعة والمناطق المنخفضة على حد سواء ، إلا على منحدرات الجبال التى تواجه هبوب الرياح الممطرة مباشرة، فعلى هذه المنحدرات تكون أغلب الأمطار من نوع الأمطار

التضاريسية ، أما على الهضاب مثل هضبة البحيرات في إفريقية والهضاب المحصورة بين سلاسل جبلية، مثل هضاب إكوادور وكولومبيا في أمريكا الجنوبية فإن الأمطار السائدة هي أمطار التيارات الصاعدة التي تسود في الأقاليم الاستوائية عموماً، وكل ماهنالك هو أنها تكون على الهضاب أقل منها في السهول ، فبينما نجد على سبيل المثال أن معدل أمطار حوض الكونغو في إفريقية يبلغ حوالي ١٧٥ سنتيمترا في السنة نجد أن معدل أمطار هضبة البحيرات المجاورة لهذا الحوض يبلغ حوالي ١٠٠ سنتيمتر فقط ، والسبب في ذلك هو أن التيارات الصاعدة على الهضبة تكون أضعف نسبيا منها في المناطق المحيطة بها بسبب انخفاض درجة الحرارة . وكما هي الحال بالنسبة للجهات المنخفضة نلاحظ أن أمطار الهضاب لها قمتان تتفقان مع فصلي تعامد الشمس ، وهما الربيع والخريف .

وقد لوحظ أن المدى الحرارى صغير على الهضاب ، كما هو صغير أيضاً في المناطق المنخفضة ، ومع ذلك فإن المدى اليومي يزيد كثيراً على المرتفعات عنه في المناطق المنخفضة لأن هواء المرتفعات النقي يساعد على سرعة فقدان الأرض لحرارتها بالإشعاع أثناء الليل .

ويمكننا أن نلاحظ الفروق المناخية السابقة إذا ماقارنا على سبيل المثال معدلات درجة الحرارة والأمطار في مدينة كنشاسا في حوض الكونغو وارتفاعها ٣٢٥ متراً فوق سطح البحر (٣٠َ ٤° جنوباً و ١٦° شرقا) بنظيراتها في مدينة نيروبي في كينيا على ارتفاع ١٦٦٠ متراً (١° جنوبا و ٣٧° شرقا) وكذلك إذا قارنا معدلات مدينة بارا (بلم) القريبة من مصب نهر الأمزون وارتفاعها حوالي عشرة أمتار فوق سطح البحر (١° جنوبا و ٤٩° غربا) بنظيراتها في مدينة كيتو في إكوادور وارتفاعها ٢٨٥٠ متراً (خط الاستواء و ٧٩° غرباً) ، كما يتبين من الجدول رقم (٢١) .

أما الحياة النباتية فمن الطبيعي أن تكون في الجهات المرتفعة أقل كثافة منها

جدول رقم (٢١)

مقارنة بين معدلات درجة الحرارة والأمطار في محطتين منخفضتين وآخرين مرتفعتين في النطاق الاستوائي

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
نيروبى	١٨	١٨	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٥	١٧	١٩	١٩	١٧	٤
كنشاسا	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٤	٢٣	٢٣	٢٥	٢٦	٢٦	٢٥	٣
بسالا	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٦	٢٦	٢٥	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	١
كيتو	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٢	١٣	١٢	١٢	١

(ب) المطر (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
نيروبى :	٥	١١	٩	٢١	١٣	٥	٢	٢	٢	٥	١٥	٩	٩٩
كنشاسا :	١٣	١٢	٢٠	٢٠	١٦	١	١	١	٣	١٢	٢٢	١٤	١٣٥
بسالا :	٣٢	٣٦	٣٦	٣٢	٢٦	١٧	١٥	١١	٩	٩	٧	١٦	٢٤٩
كيتو :	٨	١٠	١٢	١٨	١٢	٤	٣	٦	٧	١٠	١٠	٩	١٠٩

في الجهات المنخفضة بسبب قلة الأمطار نسبياً ، فهضبة البحيرات مثلا لاتغطيها إلا حشائش من نوع السفانا التي تختلط بها كثير من الأشجار بينما يتغطى حوض الكنغو بغابات استوائية كثيفة دائمة الخضرة .

أما على منحدرات الجبال التي يزيد ارتفاعها على ثلاثة آلاف متر فوق سطح البحر فنلاحظ أن المناخ يتدرج بنفس الطريقة التي يتدرج بها على منحدرات الجبال في المناطق المعتدلة حيث نتنقل من نطاق الحشائش المدارية إلى نطاق الحشائش المعتدلة والغابات النفضية ثم الغابات الصنوبرية ثم نطاق التندرا والثلج الدائم . .

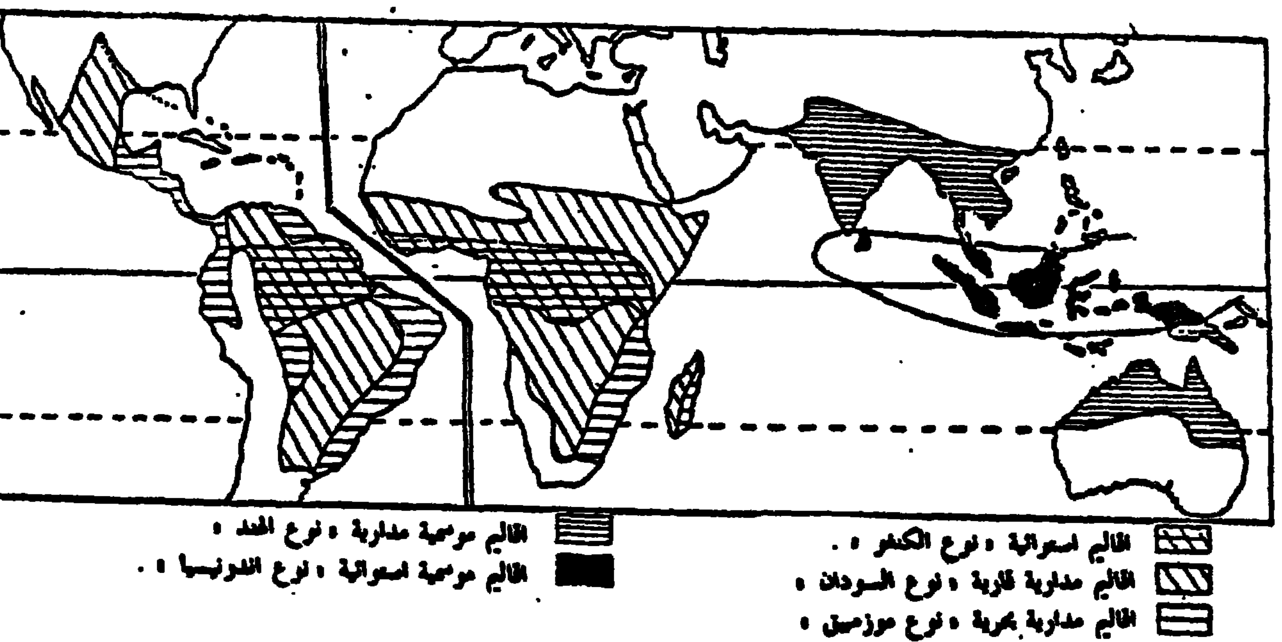
وماقيل عن المرتفعات الموجودة في النطاق الاستوائي يمكن أن يقال كذلك عن المرتفعات الموجودة في النطاق المدارى إذ أن الارتفاع يقلل من درجة الحرارة كما يقلل من أمطار التيارات الصاعدة ، وينطبق هذا بصفة خاصة على

المرتفعات الموجودة فى الأقاليم المدارية القارية أما المنحدرات الجبلية المواجهة لهبوب الرياح الآتية من البحر فتكون غزيرة الأمطار بسبب مايسقط عليها من أمطار تضاريسية ، وهذه المنحدرات هى التى تمثل أغزر جهات النطاق الحار أمطارا بصفة عامة .

ومن أهم الآثار البشرية للمرتفعات الموجودة فى الأقاليم الحارة أنها مكنت الأوروبيين من استعمار هذه المناطق واستغلالها لإنتاج غلات المناطق المعتدلة فى هذه الأقاليم ، وتعتبر كينيا من أحسن الأمثلة على ذلك .

١١ ـ ٢ ـ الأقاليم المعتدلة الدافئة

المناخ المعتدل الدافىء : المقصود بالمناخ المعتدل الدافىء هو المناخ الذى لاينخفض معدل درجة الحرارة فيه عن ٦° مئوية فى أى شهر من الشهور أو بعبارة أخرى هو المناخ الذى لايوجد فيه أى فصل بارد ، وهو يوجد فى نطاق يمثل منطقة الانتقال بين نطاق الرياح التجارية من ناحية ونطاق الرياح الغربية من ناحية أخرى ، ولهذا السبب نجد أنه يتأثر بتزحزح نطاقات الحرارة والضغط العامة ، ففى فصل الصيف الشمالى تتزحزح هذه النطاقات نحو الشمال فتدخل الأقاليم المعتدلة الدافئة فى نطاق الرياح التجارية التى تسقط أمطارها على الحافات الشرقية بينما تصل إلى الحافات الغربية وهى جافة ، أما فى فصل الشتاء فيحدث العكس حيث تتزحزح نطاقات الضغط والحرارة نحو الجنوب ويتبع ذلك دخول الأقاليم المعتدلة الدافئة فى نطاق الرياح الغربية التى تسقط أمطارها فى غرب القارات ، ثم تتناقص هذه الأمطار تدريجيا كلما اتجهنا شرقا حتى تنعدم تقريبا فى وسط القارات أو فى شرقها ، ولكن يلاحظ أن الأمطار تعود غالبا للازدياد كلما اقتربنا من السواحل الشرقية حيث نصادف نوعا خاصا من المناخ المعتدل الدافىء تتمثل فيه مظاهر المناخ الموسمى المعروفة ، ويمكننا على هذا الأساس أن نقسم الأقاليم المعتدلة الدافئة إلى ثلاثة أنواع كبرى هى :



شكل (٨٧) توزيع الأقاليم الحارة في العالم

١ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى غرب القارات (نوع البحر المتوسط) .
٢ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات (نوع ناتال) .
٣ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية (نوع وسط الصين) .

١١ ــ ٢ ــ ١ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى غرب القارات (نوع البحر المتوسط) :

يعتبر حوض البحر المتوسط أكبر منطقة يسودها نوع المناخ الذى تشتهر به الحافات الغربية لليابس فى الأقاليم المعتدلة الدافئة ، وهذا هو السبب فى أن هذا المناخ يشتهر بين الجغرافيين باسم مناخ البحر المتوسط ، ولكن يجب أن نلاحظ مع ذلك أن تضاريس حوض البحر المتوسط وشكل سواحله واتجاه منحدراته وغير ذلك من الظروف الطبيعية المحلية قد أدت إلى خلق أنواع مناخية خاصة تظهر فى مناطق معينة وتختلف فى كثير من النواحى عن مناخ البحر المتوسط المشهور ، وهو المناخ الذى لايظهر على الرغم من اسمه الذى اشتهر به إلا فى مناطق محدودة من البلاد الموجودة فى حوض البحر المتوسط . ومن الغريب أننا بينما نجد أن هذا النوع من المناخ غير ممثل بوضوح فى هذا الحوض نفســه نجد أنه يتمثل أصدق تمثيل فى مناطق أخرى من العالم الجديد مثل كاليفورنيا وشمال شيلى . ولكن إذاصرفناالنظر عن الاختلافات المحلية الكثيرة التى تميز بعض أقاليم البحر المتوسط عن بعضها الآخر سواء فى العالم القديم أو فى العالم الجديد نجد أن هناك ظاهرات رئيسية عامة تشترك فيها كل هذه الأقاليم تقريبا ، وأهم هذه الظاهرات هى :

١ ــ سقوط أغلب الأمطار فى نصف السنة الشتوى ، أما فصل الصيف فيغلب أن يكون جافا أو قليل الأمطار بشكل واضح .
٢ ــ ارتفاع درجة الحرارة فى فصل الصيف بحيث لاينخفض المعدل فى أى شهر من شهور هذا الفصل عن ١٨° مئوية .

٣ — عدم وجود فصل شديد البرودة بمعنى الكلمة ، إذ أن المعدل الحرارى لاينخفض فى أى شهر من أشهر الشتاء غالبا عن ٦° مئوية .

٤ — كثرة ضوء الشمس خصوصا فى فصل الصيف الذى لاتحتجب أثناءه السماء بالسحب إلا نادراً .

وأهم المناطق التى يظهر فيها هذا النوع من المناخ بالإضافة إلى حوض البحر المتوسط نفسه هى كاليفورنيا فى أمريكا الشمالية وأواسط شيلى بأمريكا الجنوبية وفى الطرف الجنوبى الغربى لمنطقة رأس الرجاء الصالح فى إفريقية وجنوب غربى استراليا وجزء صغير فى جنوبها الشرقى .

ويلاحظ أن الرياح السائدة فى أقاليم البحر المتوسط تختلف فى الشتاء عنها فى الصيف ، ففى الشتاء تسود الرياح الغربية التى تهب عموما من ناحية البحر وتكون لذلك سببا فى سقوط الأمطار فى هذا الفصل ، أما فى فصل الصيف فإن الإقليم يدخل فى نطاق الرياح التجارية ، وهى فى جملتها رياح جافة لأنها تكون فى غالب الأحيان خارجة من القارات فضلا عن أنها تهب نحو مناطق أشد حرارة من المناطق التى تجىء منها مما يساعد على خفض رطوبتها النسبية ويجعلها تبدو شديدة الجفاف ، ولكننا مع ذلك يجب أن نلاحظ أن هذا لاينطبق تماما على السواحل الجنوبية للبحر المتوسط لأن الرياح تصل إلى هذه السواحل بعد مرورها على هذا البحر فتحمل معها بعض الرطوبة ، ولكنها على أى حال لاتسقط أى أمطار .

وهكذا نجد أن نظام الرياح على أقاليم البحر المتوسط هو الذى يجعل هذه الأقاليم خاضعة فى فترة من السنة وهى الصيف لتأثير كتل اليابس الواقعة إلى الشرق منها، وفى فترة أخرى وهى الشتاء لتأثير البحار الواقعة إلى الغرب منها .

وأمطار البحر المتوسط فى جملتها من النوع الإعصارى الذى يسقط بسبب المنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاق الرياح الغربية ، وبالإضافة إلى ذلك

تسقط كثير من أمطار التضاريس على السواحل المرتفعة التي تقع في طريق الرياح الممطرة مباشرة، كما هي الحال على ساحل دالماشيا، فهذا الساحل يعتبر من أغزر جهات أوروبا مطراً، حيث يزيد معدل الأمطار في معظم أجزائه على ٢٥٠ سنتيمترا في السنة.

ويختلف طول الفصل المطر وكمية المطر في أقاليم البحر المتوسط على حسب الظروف المحلية، ولكن يلاحظ عموماً أن طول الفصل المطر يتناقص تدريجيا كلما اتجهنا نحو خط الاستواء حتى ينتهي في الصحارى المدارية، وعلى العكس من ذلك يزداد طول هذا الفصل تدريجيا كلما اتجهنا نحو القطبين حتى نصل إلى مناطق يسقط فيها المطر طول العام، وتدخل هذه المناطق الأخيرة ضمن نوع آخر من المناخ هو مناخ الحافات الغربية في الأقاليم المعتدلة الباردة وهو النوع الذي يشتهر باسم « مناخ غرب أوروبا » فبينما نجد على سبيل المثال أن الفصل المطر في مدينة تونس يشمل سبعة أشهر نجد أنه يشمل تسعة أشهر في باليرمو وأحد عشر شهراً في نابلي، ويشمل السنة كلها في مدينة جنوه.

ونظراً لأن أمطار مناخ البحر المتوسط تأتي، كما سبق أن أشرنا، من البحار الغربية، فإنها تتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا عن هذه البحار نحو الشرق حتى نصل إلى أقاليم شبه صحراوية أو صحراوية في الداخل. ويمكننا أن نلاحظ هذا التناقص بوضوح إذا قارنا كميات الأمطار في بعض المحطات الواقعة على ساحل البحر المتوسط بعضها ببعض، فإذا أخذنا مثلا معدلات الأمطار في مدن الجزائر وطرابلس والأسكندرية وبورسعيد نجد أنها على الترتيب هي ٧٥ و ٣٤ و ٢٠ و ١٠ سنتيمترات، وذلك مع العلم بأن معدل الأمطار في مناخ البحر المتوسط المثالي تتراوح عموما بين ٦٠ و ٨٥ سنتيمترا في السنة، راجع الجدول رقم (٢٢)

الحياة النباتية :

على الرغم من أن المناخ فى أغلب أقاليم البحر المتوسط يتميز بوجود فصل جاف يتفق مع فصل الحرارة الشديدة ، فإن أثر الجفاف فى تشكيل المظهر العام للحياة النباتية سواء فى ذلك النباتات الطبيعية أو المحاصيل الزراعية ليس واضحا فى هذه الأقاليم بدرجة وضوحه فى بعض الأقاليم المناخية الأخرى التى تتميز كذلك بوجود فصل شديدالجفاف، كما هى الحال مثلا فى أقاليم السفانا والأقاليم الموسمية ، ففى المناطق التى تكفى أمطارها لنمو الغابات فى حوض البحر المتوسط نجد أن معظم الأشجار من الأنواع دائمة الخضرة التى تتحايل على تحمل الجفاف بوسائل مختلفة ، فمنها ماتتغطى جذوعه بقشور سميكة تحول دون ضياع المياه منها بالتبخر مثل الفلين ، ومنها ماله أوراق إبرية مثل الصنوبر والأرز ، كما ينمو فى هذا المناخ كذلك نوع دائم الخضرة من أشجار البلوط ، أما النوع النفضى من هذه الأشجار فلا يظهر إلا فى مناطق محدودة جدا . وإلى جانب هذه الغابات تنمو فى مناخ البحر المتوسط كذلك أحراج كثيفة تتغطى بها الأرض فى بعض المناطق وتتخللها أحيانا شجيرات أو أشجار قصيرة ، وتشتهر هذه الأحراج فى كاليفورنيا باسم « شاباروول Chaparral » . أما فى البلاد المحيطة بالبحر المتوسط فيطلق عليها اسم ماكي Maqui[1] . وإلى جانب المناطق التى تصلح بطبيعتها لنمو هذه الأحراج ، وهى غالبا مناطق رديئة التربة نجد أنها تظهر كذلك فى بعض المناطق الأخرى التى أزال الإنسان غاباتها لاستغلال أخشابها .

وليس هناك فصل واحد للنمو فى مناخ البحر المتوسط ، فعلى الرغم من أن برودة فصل الشتاء تؤدى إلى توقف نمو بعض النباتات ، فإن كثيرا من النباتات الأخرى تواصل نموها فى هذا الفصل ، إذ أن معدل درجة الحرارة لايهبط غالبا فى أى شهر من الشهور إلى صفر النمو ، وكذلك فى فصل الصيف قد تؤدى قلة الأمطار أو انعدامها تماما فى بعض المناطق إلى توقف نمو النباتات ، ومع

Finch, V. C. and Trewartha, G. L., « Physical Elements of Geography » 1949, p.425 (١)

جدول رقم (٢٢)

معدلات الحرارة والأمطار فى بعض محطات الأقاليم المعتدلة الدافئة فى غرب القارات (نوع البحر المتوسط)

١ ــ الجزائر ــ ٣٧° شمالا و ٣° شرقا ، ٢٢ متراً فوق سطح البحر
٢ ــ الاسكندرية ــ ٣١° شمالا و ٣٠° شرقا ، ٣٢ متراً فوق سطح البحر
٣ ــ أزمير ــ ٣٨° شمالا و ٢٧° شرقا ، ٢٠ متراً فوق سطح البحر
٤ ــ كيب تون ــ ٣٤° جنوبا و ١٨° شرقا ، ١٣ متراً فوق سطح البحر

(أ) ــ الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	١٢	١٣	١٤	١٦	١٩	٢٢	٢٥	٢٦	٢٤	٢٥	١٧	١٤	١٤
٢ ــ	١٤	١٦	١٧	١٩	٢٢	٢٤	٢٦	٢٧	٢٦	٢٤	٢٠	١٦	١٣
٣ ــ	٨	٩	١٢	١٥	٢٠	٢٤	٢٧	٢٦	٢٢	١٥	١٣	٩	١٩
٤ ــ	٢١	٢١	٢٠	١٧	١٥	١٣	١٣	١٣	١٤	١٦	١٨	١٧	٨

(ب) ــ المطر (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ــ	١١	٩	٩	٦	٣	٢	ــ	١	٣	٨	١٢	١٤	٧٨
٢ ــ	٦	٢	٢	١	ــ	ــ	ــ	ــ	ــ	١	٤	٧	٢٣
٣ ــ	١١	٨	٨	٤	٣	٢	ــ	ــ	٢	٤	٩	١٣	٦٤
٤ ــ	٢	٣	٢	٥	١٠	١١	٩	٨	٦	٤	٥	٢	٦٦

ذلك فإن بعض النباتات تستطيع النمو اعتمادا على الأمطار القليلة التى تسقط أحيانا فى هذا الفصل أو إعتمادا على المياه الباطنية التى تستخدم كثيرا فى أغراض الرى، ولكن يمكن القول على أى حال أن فصل الصيف هو أفقر فصول السنة فى حياته النباتية ، أما أصلح الفصول للنمو فهى فصلا الربيع والخريف بسبب اعتدال حرارتهما من جهة وكفاية أمطارهما لهذا الغرض من جهة أخرى .

أما الزراعة فإنها موزعة على جميع فصول السنة دون استثناء ، ففى فصل الصيف يشتغل الفلاحون بإعداد أشجار الفواكه ، سواء فى ذلك الفواكه التى

تقاوم الجفاف بطبيعتها مثل الزيتون والتين والعنب ، وكلها تتميز بجذورها الطويلة التي تتوغل بها في التربة وتستفيد من الرطوبة المخزونة فيها ، أو الفواكه التي تعتمد في زراعتها على الري مثل الخوخ والبرتقال وغيره من الموالح .

أما في فصول الشتاء فتعد الحقول لزراعة الحبوب والخضروات التي تعتمد في نموها على المطر . ويلائم جفاف فصل الصيف نضج أغلب محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير كما يلائم صناعة تجفيف الفواكه مثل الزبيب والتين .

١١ – ٢ – ٢ – الأقاليم المعتدلة الدافئة في شرق القارات (نوع ناتال) :

يقابل الأقاليم المعتدلة الدافئة التي توجد في غرب القارات أقاليم أخرى في شرقها يختلف مناخها من بعض الوجوه عن مناخ تلك الأقاليم ، فبينا تسقط أمطار الأقاليم الغربية في فصل الشتاء فإن أمطار الأقاليم المقابلة لها في الشرق تسقط طول العام . وتزداد بصفة خاصة في فصل الصيف ، وهو الفصل الذي تدخل فيه هذه الأقاليم في نطاق الرياح التجارية (أو الموسمية) التي تهب من ناحية البحر وتكون محملة بكميات كبيرة من بخار الماء . والأمطار في جملتها من نوع أمطار التضاريس التي تسقط عند مقابلة الرياح لمنحدرات الجبال،وهي تزداد بصفة خاصة في أواخر الصيف وأوائل الخريف حيث تكون كمية بخار الماء التي يحملها الهواء أعلى منها في أي وقت آخر ، وتتناقص هذه الأمطار عموماً كلما توغلنا في اليابس نحو الغرب . وعلى الرغم من أن أقاليم غرب القارات تدخل هي الأخرى خلال هذا الفصل في نطاق الرياح التجارية فإن هذه الرياح تكون جافة نسبيا لأنها تكون آتية من ناحية اليابس .

أما في فصل الشتاء فتدخل الأقاليم الشرقية في نطاق الرياح الغربية . شأنها في ذلك شأن الأقاليم الغربية . وتسقط فيها بعض الأمطار بسبب المنخفضات الجوية التي تظهر في نطاق هذه الرياح . ولكن نظراً لأن الرياح الغربية التي تهب على الحافات الشرقية تكون خارجة من اليابس فإن أمطارها تكون أقل

بطبيعة الحال من الأمطار التى تسببها نفس الرياح عند هبوبها على الحافات الغربية . ويتميز مناخ الأقاليم الشرقية بأنه يتعرض لظهور نوعين من الأعاصير هما :ـــ

- أولا : الأعاصير المدارية التي تظهر فى فصل الصيف عندما تدخل هذه الأقاليم فى نطاق الرياح التجارية ، ومن أمثلتها الهريكين فى جزر الهند الغربية والتيفون فى الصين .

ثانيا : أعاصير المناطق المعتدلة وهى المنخفضات الجوية المعتادة التى تظهر فى نطاق الرياح الغربية ، وهى التي تسبب أمطار فصل الشتاء ، كما أنها قد تسبب بعض التقلبات الجوية التى يترتب عليها أحيانا اندفاع الهواء القطبى من ناحية سيبيريا فى آسيا ومن ناحية شمال كندا فى أمريكا . وكثيرا مايندفع هذا الهواء بشكل عواصف ثلجية قارصة البرد جدا يترتب عليها فى بعض الأحيان حدوث وفيات بين السكان فضلا عن الخسائر الكثيرة فى المحاصيل والثروة الحيوانية .

وإذا نظرنا إلى درجة الحرارة فى مناخ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات عموما ، نلاحظ أنها أميل إلى الاعتدال فى فصل الشتاء ، ففى هذا الفصل يبلغ المعدل الحرارى حوالى ١٠° مئوية ، ومع ذلك فكثيراً مايظهر الصقيع وتنخفض الحرارة إلى درجة التجمد أثناء الليل خصوصاً فى المناطق الداخلية التى تبعد عن المؤثرات البحرية ، أما فصل الصيف فشديد الحرارة عموما حيث ترتفع درجة الحرارة أثناء النهار فى معظم أيامه إلى أكثر من ٣٠° مئوية ، ومما يزيد فى قسوة هذه الحرارة أن الرطوبة فى الهواء تكون مرتفعة ولهذا السبب كان فصل الصيف هو أقل فصول السنة نشاطاً وأكثرها أمراضاً ، حيث تنتشر فيه كثير من الأوبئة خصوصاً الملاريا التى تزداد بسببها نسبة الوفيات ، ولاتنتهى هذه الحالة السيئة بانتهاء فصل الصيف مباشرة ، بل إنها تستمر فى خلال الأسابيع الأولى من فصل الخريف ولهذا نجد أن المعدل

الحرارى هذا الفصل الأخير أعلى نوعا من المعدل الحرارى لفصل الربيع

ويتمثل هذا النوع من المناخ بصفة خاصة فى القارات الثلاث الجنوبية على الحافات الشرقية إلى الجنوب مباشرة من المناطق التى يتمثل فيها المناخ المدارى البحرى ، كما أنه يتمثل أيضاً فى مساحة كبيرة فى شرق الصين ووسطها وفى جنوب شرق أمريكا الشمالية إلى الشمال من المناخ المدارى الموسمىَ ، ولكن نظراً لأن هذه الجهات تغلب عليها صفات المناخ الموسمى فإننا سنضعها تحت نوع مناخى خاص هو « المناخ المعتدل الدافىء الموسمى » وهو نوع معدل من مناخ أقاليم شرق القارات .

ويبين الجدول رقم (٢٣) معدلات الحرارة والأمطار فى بعض محطات الأقاليم المعتدلة فى شرق القارات .

الجدول رقم (٢٣)
معدلات الحرارة والأمطار فى بعض محطات الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات

١ ــ شارلستون (كارولينا الجنوبية) ــ ٣٣° شمالا و ٨٠° غربا ، ١٥ مترا فوق سطح البحر .
٢ ــ سيدنى ــ ٣٤° جنوباً و ١٥١° شرقا ، ٤٢ متراً فوق سطح البحر .
٣ ــ بورت اليزابيث (جنوب إفريقية) ٣٤° جنوباً و ٢٦° شرقا ، ٥٣ متراً فوق سطح البحر
٤ ــ بوينس أيرس ــ ٣٥° جنوباً و ٥٨° غربا ، ٢٥ متراً فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (درجات مئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	١٠	١١	١٤	١٨	٢٣	٢٦	٢٨	٢٧	٢٥	٢٠	١٤	١١	١٧
٢ ــ	٢٢	٢٢	٢١	١٨	١٥	١٣	١٢	١٣	١٥	١٨	١٩	٢١	١٠
٣ ــ	٢٦	٢١	٢٠	١٨	١٧	١٥	١٤	٢٤	٢٦	٢٧	٢٨	٢٠	٦
٤ ــ	٢٣	٢٣	٢١	١٦	١٣	١٠	٩	١١	١٣	١٦	١٩	٢٢	١٤

(ب) الأمطار (سنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ —	٦	٨	٧	٨	٨	١٠	١٥	١٤	٧	١١	٥	٧	١٠٦
٢ —	٩	١١	١٢	١٤	١٣	١٢	١٢	٨	٧	٨	٧	٧	١٢٠
٣ —	٣	٣	٥	٥	٦	٤	٥	٥	٦	٥	٥	٤	٥٦
٤ —	٨	٧	١١	٩	٧	٦	٦	٩٠	٨	٩	٨	١٠	٩٥

الحياة النباتية :

بصرف النظر عن الحالات التى يظهر فيها الصقيع فى بعض ليالى فصل الشتاء فإن المعدل الحرارى لاينخفض فى أى شهر من شهور هذا الفصل إلى حد يترتب عليه توقف نمو النباتات السائدة ، ولهذا السبب نجد أن الحياة النباتية هنا تشتمل على كثير من أنواع الأشجار دائمة الخضرة مثل البلوط والجوز ، وهى من الأنواع التى ذكرنا أنها موجودة كذلك فى مناخ البحر المتوسط ، ولكن نظراً لأن أمطار الحافات الشرقية تسقط طول العام فإن مناخ هذه الحافات يساعد على نمو أنواع أخرى من الأشجار التى يحول جفاف فصل الصيف فى مناخ البحر المتوسط دون نموها مثل أشجار السرخس والخيزران . وإلى جانب ذلك توجد فى هذا النوع من المناخ غابات مختلطة من أشجار نفضية ودائمة الخضرة، ولايخلو الأمر من وجود أشجار صنوبرية فى بعض المناطق . وكثير من الأشجار لها قيمة اقتصادية كبيرة سواء لأخشابها مثل البلوط والاسفندان والجوز أو لأوراقها وثمارها مثل التوت الذى تربى عليه دودة القز . وتنفض أشجار التوت أوراقها فى الشتاء ، أما فى الصيف فإنها تكون محملة بكميات كبيرة من الأوراق والثمار .

ومناخ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات صالح لزراعة بعض المحاصيل التى لها قيمة اقتصادية كبيرة مثل الأرز والشاى وقصب السكر والقطن والتبغ . وفصل الصيف هو فصل النمو بالنسبة لأغلب المحاصيل ، حيث تجتمع فيه الأمطار والحرارة المرتفعة . وموسم حصاد المحاصيل وجنى الثمار هو فصل الخريف ، أما فصل الشتاء ، فعلى الرغم من انخفاض درجة الحرارة نوعا ما أثناءه إلا أن ذلك لايمنع من زراعة بعض المحاصيل خصوصا فى الأقاليم المزدحمة بالسكان حيث تشتد الحاجة لاستغلال الأرض إلى أقصى حد ممكن .

١١ — ٢ — ٣ — الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية :

يعتبر مناخ هذه الأقاليم نوعا معدلا من مناخ الأقاليم المعتدلة الدافئة الأخرى فى شرق القارات وهو المناخ الذى سبق وصفه ، وأهم مايميز النوع الموسمى عن النوع الأصلى أن الأحوال المناخية تتغير فيه تغيراً تاما فى نصف السنة الصيفى عنها فى نصفها الشتوى ، ويكون الفرق بين الفصلين أوضح بكثير منه فى النوع الأصلى ، فقد رأينا مثلا أن أمطار النوع الأصلى تتوزع على جميع شهور السنة وأن الرياح لاتهب بانتظام من اتجاه واحد بل إنها تتغير باستمرار فى قوتها وفى اتجاه هبوبها نتيجة لوقوع المناطق التى يسودها هذا المناخ فى منطقة التقاء نطاق الرياح التجارية بنطاق الرياح الغربية ، أما فى النوع الموسمى ، فإن فصل الصيف يسوده نوع واحد من الرياح هو الرياح الموسمية الحارة التى تهب من ناحية البحر ، وأما فصل الشتاء فيسوده نوع آخر مختلف تمام الاختلاف عن النوع الأول ، وهو الرياح الموسمية الباردة التى تهب من داخل اليابس ولهذا السبب نجد أن معظم أمطار هذا النوع من المناخ تسقط فى فصل الصيف ، أما الشتاء فجاف أو قليل المطر . ويكون الانتقال من الصيف إلى الشتاء أو العكس فجائيا تقريبا وهى صفة هامة من صفات المناخ الموسمى .

ومن أهم مايميز النوع الموسمي كذلك أن مدى التغير السنوى للحرارة فيه يكون أكبر منه فى النوع الأصلى ، حيث يصل أحيانا إلى ٢٢° مئوية (راجع الجدول رقم ٢٤) . ويرجع ارتفاع هذا المدى بصفة خاصة إلى شدة برودة فصل الشتاء ، أكثر من رجوعه إلى ارتفاع درجة حرارة فصل الصيف .

جدول رقم (٢٤)

أ — معدلات الحرارة (بالدرجات المئوية) فى مدينة تشونكين ،
وهى مثال للمناخ المعتدل الدافىء الموسمى

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
٩	١٠	١٤	٢٠	٢٣	٢٧	٢٨	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
٢	٢	٣	١٠	١٣	١٧	١٣	١١	١٥	١٢	٥	٢	١٠٥

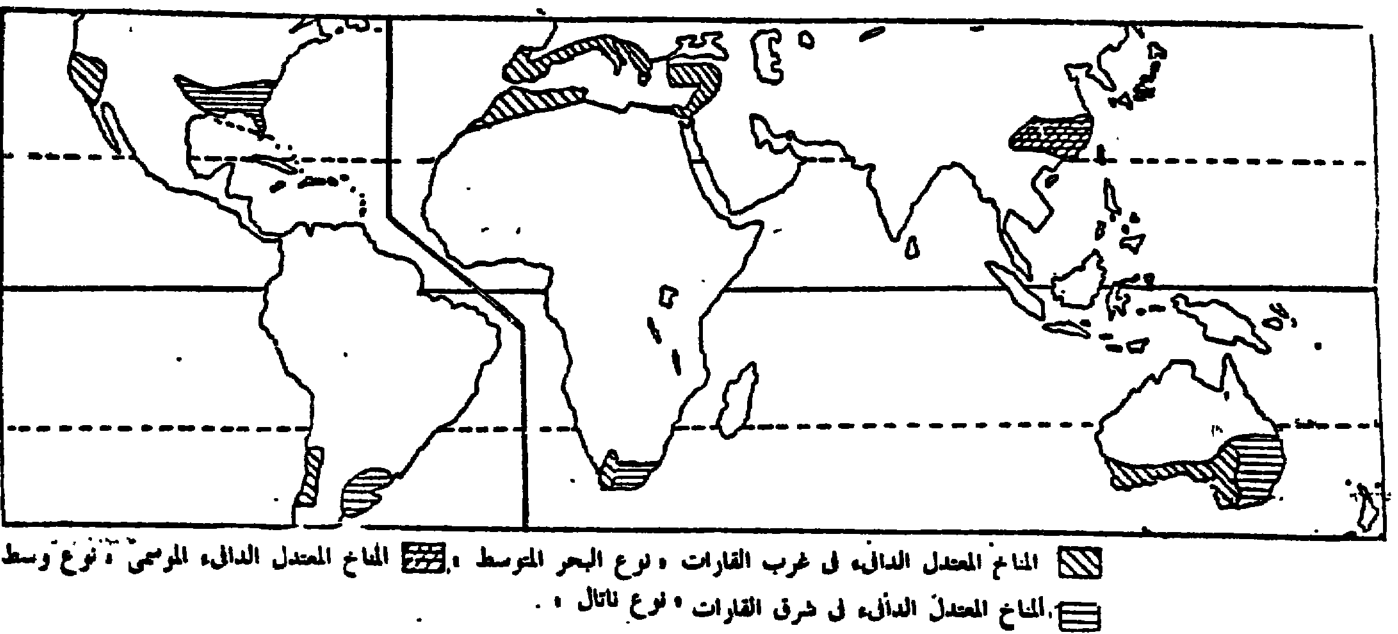
ويشغل المناخ المعتدل الدافىء الموسمى نطاقا واسعا فى شرق الصين ووسطها مابين نطاق المناخ الموسمى المدارى فى الجنوب ونطاق المناخ المعتدل البارد الموسمى (الذى سنتكلم عليه فيما بعد) فى الشمال ، ولكن ليس من السهل وضع حدود واضحة تفصل هذه النطاقات بعضها عن بعض لعدم وجود إحصاءات كافية من ناحية ولأنها تتداخل فى بعضها بشكل تدريجى من ناحية ثانية ، ومع ذلك فمن الممكن أن نأخذ بالحد الذى وضعه أوستن ملر بين

النطاق المعتدل الدافىء فى الجنوب والنطاق المعتدل البارد فى الشمال ، وهو يتمشى عموما مع نهر اليانجتسى ، فإلى الشمال من هذا النهر تشتد البرودة فى فصل الشتاء بحيث ينخفض المعدل إلى أقل من صفر النمو (٦°) فى بعض الأشهر ، أما إلى الجنوب منه فيندر أن يهبط المعدل فى أى شهر من الشهور إلى هذا الحد .

وينعكس أثر هذا الاختلاف واضحا فى الحياة النباتية الطبيعية ، والإنتاج الزراعى ، فبينما تسود الأشجار دائمة الخضرة ذات الأوراق العريضة فى المناطق الواقعة إلى الجنوب من النهر ومن أمثلتها البلوط والزان والجوز والخيزران فإن الأشجار السائدة فى المناطق الواقعة إلى الشمال منه أغلبها أنواع نفضية مثل القسطل والفلين والاسفندان وتختلط بها أشجار إبرية الأوراق مثل الصنوبر والشوكران .

وبينما نجد أن الحقول الواقعة إلى الجنوب من النهر تنتج فى كل سنة ثلاث غلات من المحاصيل التى تنمو فى المناطق شبه المدارية مثل الشاى وقصب السكر والتوت فإننا نجد أن الحقول الواقعة إلى الشمال منه لاتنتج إلا محصولا واحدا أو محصولين على الأكثر كل سنة ، ومن أهم المحاصيل التى تزرع هنا القمح والشعير والفول وغيرها من محاصيل المنطقة المعتدلة الباردة ، حيث يوجد هنا فصل نمو قصير نسبيا وفصل بارد أطول نوعا ما .

ويمكننا أن نأخذ معدلات الحرارة والأمطار فى مدينة تشونكين كمثال لهذا المناخ ، وهى واقعة على خط عرض ٣٠° شمالا وخط طول ١٠٧° شرقا ، وارتفاعها ٢٣ مترا عن سطح البحر .



شكل (٨٨) توزيع الأقاليم المعتدلة الدافئة فى العالم

١١ ـــ ٣ ـــ الأقاليم المعتدلة الباردة

أهم مايميز هذه الأقاليم هو وجود فصل شديد البرودة يزداد طوله وتشتد قسوته كلما توغلنا فى اليابس بعيدا عن المؤثرات البحرية ، وفى هذا الفصل لايرتفع المعدل الحرارى فى أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية ، وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من هذه الأقاليم وهى :

١ ـــ الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية فى غرب القارات ، وهى توجد بصفة خاصة فى غرب أوروبا .

٢ ـــ الأقاليم المعتدلة الباردة القارية ، وهى تشمل معظم الأجزاء الوسطى من كتلتى أوراسيا وأمريكا الشمالية ، وهى الأجزاء التى يندر أن تصل إليها المؤثرات البحرية .

٣ ـــ الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية فى شرق القارات وهى تتمثل بصفة خاصة فى شمال الصين .

١١ ـــ ٣ ـــ ١ ـــ الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية (نوع غرب أوروبا) :

أهم الأقاليم التى تدخل تحت هذا القسم هى غرب أوروبا والجزر البريطانية وشمال غرب الولايات المتحدة وكولومبيا البريطانية .

أما فى نصف الكرة الجنوبى فلايتمثل المناخ المعتدل البارد البحرى إلا فى منطقة صغيرة فى جنوب شيلى ، ثم فى جزيرة تسمانيا ونوزيلندة ، خصوصا فى الجزيرة الجنوبية ، ولكنه لايظهر فى أى جزء من جنوب إفريقية لأن هذه القارة لاتصل فى امتدادها إلى العروض التى يوجد فيها هذا النوع من المناخ .

ومن أهم خصائص هذا المناخ أن المدى السنوى للحرارة فيه منخفض نسبيا ، نتيجة لتأثير البخار المجاورة ، ففى أوروبا مثلا يصل أثر تيار الخليج الدافىء إلى السواحل الغربية للقارة مما يساعد على تدفئتها فى فصل الصيف

أما فى فصل الشتاء فإن مياه المحيط تكون أقل برودة من اليابس، ولهذا فإنها تساعد على تلطيف درجة الحرارة على السواحل المجاورة

والرياح السائدة فى هذا النوع من المناخ هى الرياح الغربية ، إلا أن نظامها غير ثابت بسبب كثرة المنخفضات الجوية التى تظهر طول العام تقريبا ، خصوصا فى فصلى الشتاء والخريف . ويلاحظ أن الرياح الغربية لاتستطيع أن تتوغل فى فصل الشتاء توغلا كبيرا فى داخل اليابس ، بسبب وجود منطقة ذات ضغط مرتفع متمركزة على أواسط كتلة أوراسيا

والواقع أن اختلاف نظام الضغط على أواسط أوراسيا فى فصل الشتاء عنه فى فصل الصيف له علاقة كبيرة باتجاه الرياح التى تهب على السواحل الغربية لأوروبا ، ففى فصل الصيف يكون اتجاه هذه الرياح فى جملته غربيا لأنها تكون مندفعة نحو الشرق ، بتأثير الضغط المنخفض العميق الذى ينشأ فى هذا الفصل على أواسط أوراسيا .

أما فى فصل الشتاء فإن هذا الضغط المنخفض يتلاشى ويحل محله ضغط مرتفع يقف فى طريق تقدم الرياح نحو الشرق ويعمل على انحرافها نحو الشمال الشرقى بمعنى أنها تكون جنوبية غربية .

ويتميز النوع البحرى من المناخ المعتدل البارد كذلك بأن هواءه يكون محملا بكميات كبيرة من بخار الماء ، وبأن أمطاره تسقط طول السنة ، ولكنها تكثر بصفة خاصة فى فصلى الشتاء والخريف ، وهناك نوعان رئيسيان من هذه الأمطار :

١ ــ الأمطار الإعصارية التى تسببها المنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاق الرياح الغربية ، وهى المسئولة عن زيادة أمطار فصلى الشتاء والخريف وهما فصلا نشاط المنخفضات الجوية

٢ ــ أمطار التضاريس ، وهى تسقط بغزارة على سلاسل الجبال المرتفعة التى تعترض طريق هبوب الرياح الممطرة التى تهب من ناحية المحيط ، ففى

جدول رقم (٢٥)

معدلات الحرارة والأمطار فى بعض المحطات الواقعة فى الأقاليم المعتدلة الباردة البحرية وهى :

١ — دبلن (ايرلندة) — ٣٥° شمالا و ٦° غربا ، ٥٠ مترا فوق سطح البحر .
٢ — بوردو (فرنسا) — ٤٥° شمالا و ٣٥َ٫٨ غربا ، ٧٥ مترا فوق سطح البحر .
٣ — بروكسل (بلجيكا) — ٥١° شمالا و ٤° شرقا ، ١٠٠ متر فوق سطح البحر .
٤ — فانكوفر (كندا) — ٤٩° شمالا و ١٢٣° غربا ، ٤١ مترا فوق سطح البحر .
٥ — دانيدين (نيوزيلنده) — ٤٦° جنوبا و ١٧١° شرقا ، ٧٣ مترا فوق سطح البحر .

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ —	٥	٥	٦	٧	١١	١٣	١٥	١٤	١٢	٩	٨	١١	١٠
٢ —	٥	٦	٨	١٢	١٤	١٨	٢٠	٢٠	١٨	١٣	٨	٥	١٥
٣ —	٢	٣	٦	٩	١٣	١٦	١٨	١٧	١٥	١١	٦	٣	١٦
٤ —	٢	٣	٦	٨	١٢	١٥	١٧	١٧	١٣	٩	٦	٩	١٥
٥ —	١٤	١٤	١٣	١١	٨	٧	٦	٧	٩	١١	١٢	١٣	٨

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ —	٦	٥	٥	٥	٦	٥	٧	٨	٥	٧	٧	٦	٧٢
٢ —	٦	٥	٦	٦	٧	٧	٥	٥	٧	٨	٨	٦	٧٦
٣ —	٧	٥	٥	٧	٦	٧	٩	٧	٧	٨	٨	٨	٨٤
٤ —	٢٢	١٥	١٣	٨	٨	٧	٣	٤	١٠	١٥	٢٥	٢٠	١٥٠
٥ —	٩	٧	٨	٧	٨	٨	٨	٨	٧	٨	٨	٩	٩٥

أوروبا مثلا يكثر هذا النوع من الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات الغربية لجبال اسكنديناوه ومرتفعات وبلـ ـى العالم الجديد فيكثر فى كولومبيا البريطانية وجنوب شيلى وفى الجزيرة الجنوبية من جزيرتى نيوزيلندة .

ومما تجدر ملاحظته أن وجود السلاسل الجبلية على امتداد السواحل فى المناطق المذكورة كان من نتائجه أن أصبح هذا النوع البحرى من المناخ المعتدل

البارد مقصوراً على أشرطة ساحلية ضيقة ، ثم يتغير المناخ تغيرا فجائيا بمجرد عبورنا للجبال نحو الداخل حيث ننتقل مباشرة إلى النوع القارى من هذا المناخ ، وهذا بخلاف مانشاهده فى معظم غرب أوروبا وشمالها الغربى باستثناء ساحل النرويج حيث نجد أن عدم وجود حواجز جبلية مهمة ممتدة بمحاذاة الساحل قد ساعد على توغل المؤثرات البحرية لمسافات بعيدة فى داخل القارة .

وإذا نظرنا إلى الحياة النباتية الطبيعية نجد أنها تتكون فى جملتها من غابات نفضية تسقط أوراقها فى فصل الشتاء بسبب انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من ٦° ، وهى تشمل بعض أنواع الأشجار التى تتميز بأخشابها ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة ، ومن أمثلتها أشجار البلوط والزان والدردار والاسفندان ، ولكن يلاحظ أن هذه الغابات قد أزيلت من معظم المناطق وحلت محلها حشائش غنية تقوم عليها حرفة رعى الماشية ، كما تحولت مناطق واسعة منها لحقول تزرع فيها بعض المحاصيل المهمة مثل البطاطس والشوفان ، أما القمح فنظرا لأنه يحتاج دائما لفصل جاف يتفق مع موسم الحصاد فإن محصوله يتعرض فى هذه المناطق لأضرار بالغة فى بعض السنوات بسبب زيادة الأمطار .

وبالإضافة إلى الغابات النفضية تنمو كذلك الغابات الصنوبرية فى بعض المناطق التابعة لهذا المناخ وخصوصا فى المناطق ذات التربة الرملية ، وهذا النوع من الغابات هو النوع السائد فى غرب كندا وشمال غرب الولايات المتحدة. وتعتبر هذه المناطق من أغنى مناطق العالم فى إنتاج أخشاب البناء .

ويلاحظ أن الغابات تتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا عن الساحل الغربى فى أوروبا حيث تختلط بالحشائش ثم لاتلبث أن تختفى تماما فى مناطق الاستبس فى الداخل ، أما فى أمريكا الشمالية فإن وجود سلاسل الجبال بمحاذاة الساحل يجعل الانتقال من نطاق الغابات إلى نطاق الحشائش التى تعرف هنا باسم البرارى يأتى فجائيا تبعا للتغير الفجائى فى الأحوال المناخية .

١١ ـ ٣ ـ ٢ ـ الأقاليم المعتدلة الباردة القارية (نوع شرق أوروبا)

إذا توغلنا فى اليابس بعيدا عن السواحل الغربية أو عبرنا الحواجز الجبلية التى تمتد بحذاء هذه السواحل ، فإننا نصل تدريجيا إلى نوع قارى من المناخ لانكاد المؤثرا البحرية تصل إليه سواء من الشرق أو من الغرب ، وهو يتمثل فى مساحات واسعة من أواسط أوراسيا وأمريكا الشمالية ، أما فى نصف الكرة الجنوبى فإنه لايتمثل إلا فى مناطق محدودة جدا من جنوب أمريكا الجنوبية ، أهمها إقليم هضبة بتاجونيا ويختلف هذا النوع من المناخ عن النوع البحرى الذى سبق وصفه من عدة وجوه أهمها :

١ ـ انخفاض كمية الرطوبة فى هوائه .

٢ ـ قلة الأمطار نسبياً وسقوط أغلبها فى نصف السنة الصيفى .

٣ ـ ارتفاع المدى الفصلى لدرجة الحرارة .

٤ ـ قصر الفصلين الانتقاليين أى الربيع والخريف بشكل يجعل من الممكن تقسيم السنة إلى فصلين اثنين هما الصيف والشتاء ، ففى مدينة وارسو مثلا نجد أن المعدل الحرارى لشهر مايو يزيد بنحو ٦ درجات مئوية عن معدل شهر أبريل ، وينقص معدل شهر نوفمبر بنحو خمس درجات عن معدل شهر أكتوبر ، ومعنى ذلك بعبارة أخرى أن الانتقال يكون فجائيا تقريبا بين الظروف المناخية لنصف السنة الصيفى والظروف المناخية لنصفها الشتوى .

وبالنظر إلى المعدلات الحرارية فى بعض المحطات التى تمثل النوع القارى من المناخ المعتدل البارد مثل وارسو وفينا وكيف نلاحظ أن هذه المعدلات تنخفض فى بعض أشهر الشتاء إلى مادون درجة التجمد ، وأنها ترتفع فى بعض أشهر الصيف إلى أكثر من ٢١° مئوية ، وهذا التطرف فى درجات الحرارة ليس فى الواقع من صفات الأقاليم المعتدلة الحقيقية ولذلك فإن تسميتنا لهذا النوع القارى باسم المناخ المعتدل به كثير من التجاوز (راجع الجدول ٢٦) .

جدول رقم (٢٦)

معدلات الحرارة والأمطار

فى بعض محطات الأقاليم المعتدلة الباردة القارية وهى :

١ ـ وارسو ــ ٥٤° شمالا و ٢١° شرقا ، ١٢٠ مترا فوق سطح البحر
٢ ــ كييف ــ ٥٠° شمالا و ٣٠° شرقا ، ١٨٠ مترا فوق سطح البحر
٣ ــ فينا ــ ٤٨° شمالا و ١٦° شرقا ، ٢٠٢ مترا فوق سطح البحر
٤ ــ أوماها (نبراسكا) ــ ٤١° شمالا و ٩٦° غربا ، ٣٣٠ مترا فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	ــ ٣	ــ ٢	٢	٨	١٤	١٨	١٩	١٨	١٣	٧	١٠	ــ ١	٢٢
٢ ــ	ــ ٦	ــ ٥	صفر	٧	١٤	١٨	١٩	١٨	١٤	٨	١	ــ ٤	٢٥
٣ ــ	ــ ٢	صفر	٤	٩	١٤	١٨	١٩	١٨	١٥	٩	٣	صفر	٢١
٤ ــ	ــ ٦	ــ ٤	٣	١١	١٧	٢٢	٢٥	٢٤	١٩	١٣	٤	ــ ٣	٣١

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ــ	٣	٣	٣	٤	٥	٧	٨	٧	٥	٤	٤	٤	٥٧
٢ ــ	٣	٢	٤	٤	٤	٦	٨	٦	٤	٤	٤	٤	٥٣
٣ ــ	٤	٣	٥	٥	٧	٧	٨	٧	٥	٥	٥	٥	٦٦
٤ ــ	٢	٢	٣	٧	١٠	١٤	١٠	٨	٨	٦	٣	٢	٧٥

ويترتب على الانخفاض الشديد فى درجة الحرارة فى فصل الشتاء فى بعض الأجزاء الداخلية من اليابس تجمد المياه فى بعض الأنهار لفترات يختلف طولها من منطقة إلى أخرى ولكنها تزداد طولا كلما توغلنا فى اليابس نحو الشرق بصفة عامة ، فبينما تتجمد مياه نهر الرين عند مدينة كولونيا حوالى ثلاثة أسابيع أو أربعة يكون النهر خلالها غير صالح للملاحة فإن مياه الجزء الأدنى من نهر الدانوب تتجمد لفترة يتراوح طولها مابين خمسة أسابيع أو ستة أسابيع من كل سنة .

والمظهر النباتى السائد فى المناخ المعتدل البارد القارى هو الحشائش التى من نوع الاستبس ، وهى تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا نحو الشرق فى أوراسيا حتى تصل إلى مناطق صحراوية واسعة يمكننا أن ندخلها كذلك ضمن هذا النوع القارى من المناخ ، وتبدأ الحشائش فى النمو عقب سقوط الأمطار فى أوائل فصل الربيع ، ثم تستمر خلال فصل الصيف ولكنها تأخذ فى الذبول والاحتراق فى أواخر هذا الفصل بسبب الحرارة الشديدة . ويساعد اختلاط بقايا هذه الحشائش بالتربة وتحللها فيها إلى زيادة خصوبتها .

والحرفة السائدة فى مناطق الاستبس هى حرفة رعى الماشية ، ومع ذلك فقد تحولت مساحات كبيرة منها إلى حقول زراعية . وتعتبر مناطق الاستبس فى الوقت الحاضر أغنى مناطق العالم فى زراعة القمح ، كما أن الذرة يزرع كذلك فى مساحات واسعة منها خصوصاً على أطرافها المواجهة لخط الاستواء حيث يزداد طول فصل النمو وتشتد حرارة فصل الصيف عنها فى الأطراف المواجهة للقطب .

١١ ـ ٣ ـ ٣ ـ الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية (نوع كوريا وشمال الصين) :

يقابل المناخ البحرى الذى رأينا أنه يتمثل فى غرب القارات نوع آخر من المناخ يظهر فى أجزائها الشرقية ، وفيه تبرز صفات المناخ الموسمى بشكل واضح، فإذا ماتركنا المناطق الممطرة فى غرب القارات واتجهنا شرقا فإننا نصادف أقاليم قارية أو صحراوية تتمثل بصفة خاصة فى كتلة أوراسيا وفى أمريكا الشمالية ، وإذا ماواصلنا سيرنا نحو الشرق فإننا ننتقل تدريجيا إلى أقاليم يسقط مطرها فى فصل الصيف ، ويتزايد [illegible] الحال كلما اقتربنا من البحر ، وهذه الأقاليم تخضع فى نصف السنة الصيفى لتأثير الرياح الموسمية الرطبة التى تهب من المحيطين الهادى والأطلسى نحو منطقتى الضغط المنخفض اللتين تتمركزان فى هذا الفصل على الأجزاء الداخلية من كتلتى أوراسيا وأمريكا الشمالية .

ويكون النظام الموسمى واضحا بصفة خاصة فى شرق آسيا حيث تتجمع معظم الأمطار فى أشهر الصيف بسبب الرياح الموسمية التى تهب من ناحية البحر، بينما تشتد البرودة ويسود الجفاف فى فصل الشتاء بسبب هبوب الرياح الموسمية الشتوية من داخل اليابس. وتتمثل هذه المظاهر بصفة خاصة فى شمال الصين وكوريا وجنوب منشوريا ، أما اليابان فعلى الرغم من أنها تدخل كذلك فى هذا النوع من المناخ ، إلا أن الأمطار الشتوية التى تسقط عليها تكون أكثر منها فى المناطق السابقة بسبب وجود بحر اليابان إلى الغرب منها (راجع الجدول رقم (٢٧) .

جدول رقم (٢٧)

معدلات الحرارة والأمطار فى بعض المحطات الواقعة فى الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية وهى :

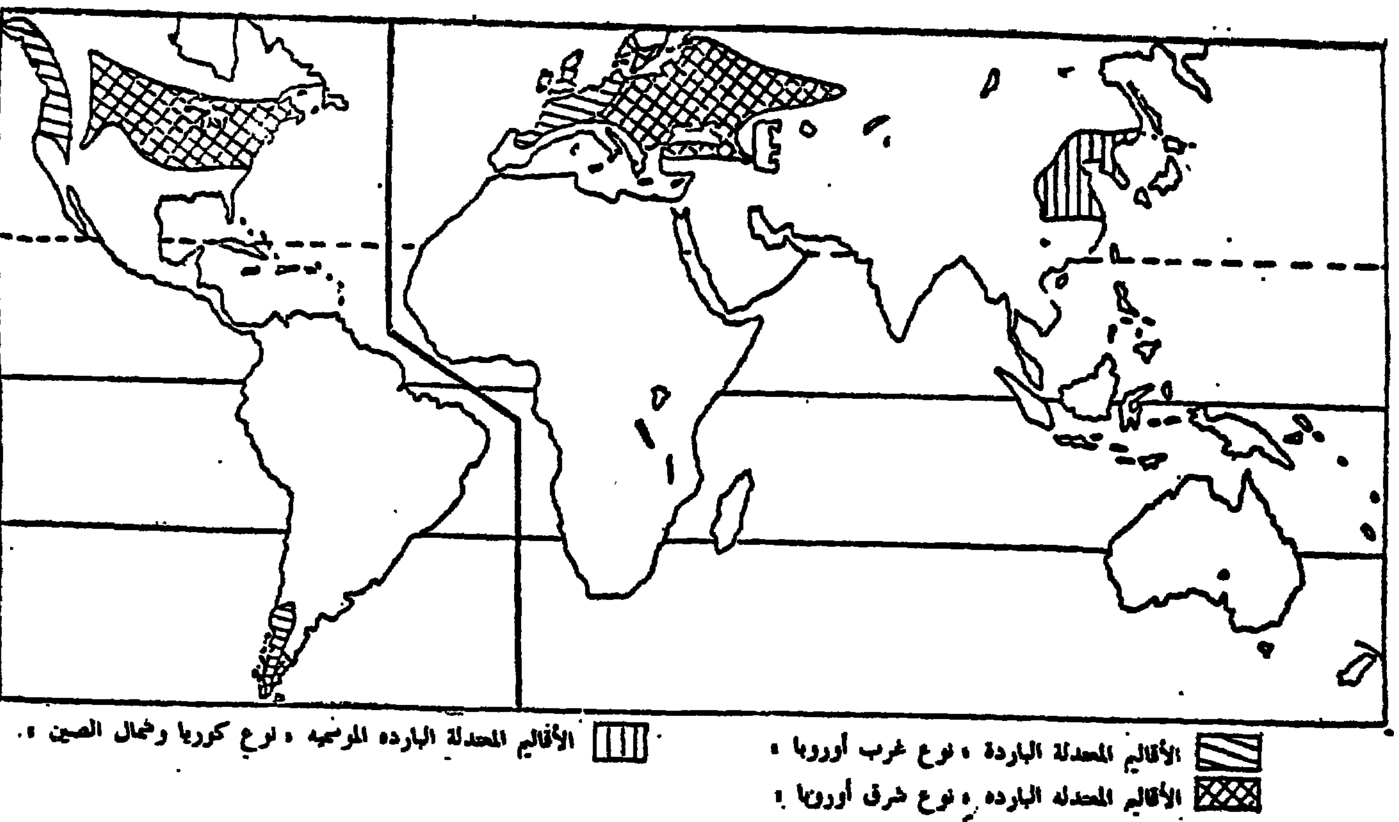
١ ــ بوستن ــ ٤٢° غربا ، ٣٨١ مترا فوق سطح البحر
٢ ــ ميكدن (منشوريا) ــ ٤٢° شمالا و ١٢٤° شرقا ، ٤٤ مترا فوق سطح البحر
٣ ــ وونسان (كوريا) ــ ٣٩° شمالا و ١٢٧° شرقا ، ٣٧ مترا فوق سطح البحر
٤ ــ ناجاسكى ــ ٣٣° شمالا و ١٣٠° شرقا ، ١٣٥ مترا فوق سطح البحر

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	ــ ٣	ــ ٢	٢	٧	١٤	٢٠	٢٢	٢١	١٧	١١	٥	صفر	٢٥
٢ ــ	ــ ١٣	ــ ١٠	ــ ١	٨	١٦	٢٢	٢٥	٢٤	١٦	٩	ــ ٢	ــ ١٠	٣٥
٣ ــ	ــ ٣	ــ ٣	٢	٩	١٥	١٩	٢٣	٢٣	١٩	١٣	٦	ــ ١	٢٦
٤ ــ	٦	٦	٩	١٤	١٨	٢٢	٢٦	٢٧	٢٣	١٨	١٣	٨	٢١

(ب) الأمطار (بالسنتميترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ــ	٩	٩	١٠	١٠	٩	٨	٩	١١	٩	١٠	١٠	١٠	١١٤
٢ ــ	١	١	٢	٣	٦	٩	١٦	١٥	٩	٤	٣	١	٧٠
٣ ــ	٤	٤	٥	٧	٩	١٢	٢٩	٣١	١٨	٨	٧	٣	١٣٧
٤ ــ	٨	٩	١٣	٢١	١٩	٣٣	٢٤	١٩	٢٢	١٢	٨	٨	١٩٦



شكل: (٨٩) توزيع الأقاليم المعتدله البارده فى العالم

أما فى أمريكا الشمالية فإن النظام الموسمى أقل وضوحا بكثير منه فى شرق آسيا ، ويرجع ذلك إلى أن الضغط المنخفض على كتلة أوراسيا يكون أكثر عمقا وأشد انحداراً من الضغط المنخفض على أمريكا الشمالية ، ولهذا السبب نجد أن أمطار شرق الولايات المتحدة ليست مقصورة على فصل الصيف بل إنها تسقط كذلك فى فصل الشتاء نتيجة لهبوب الرياح الممطرة من المحيط الأطلسى فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تعبر البلاد من الغرب إلى الشرق . والواقع أن مناخ شرق الولايات المتحدة يعتبر خليطا من المناخ البحرى والمناخ القارى إذ أن الرياح الغربية السائدة تنقل إليه مظاهر المناخ القارى من الداخل .

أما المؤثرات البحرية فتصل إليه بواسطة الرياح الجنوبية الشرقية التى تهب عليه أحيانا من المحيط الأطلسى فى مقدمة المنخفضات الجوية .

ولايختلف المظهر العام للحياة النباتية فى هذا النوع من المناخ عنه فى المناخ المقابل له على الحافات الغربية ، فهنا أيضا نجد أن الغابات النفضية هى أهم أنواع النباتات الطبيعية ، وعلى الرغم من أن هذه الغابات أزيلت من مناطق كثيرة فإنها مازالت تغطى مساحات واسعة فى شرق آسيا، خصوصا فى منشوريا واليابان، وكذلك على جوانب مرتفعات الأبلاش فى شرق الولايات المتحدة . أما فى نصف الكرة الجنوبى فإنها لاتظهر إلا فى جنوب أمريكا الجنوبية حيث تغطى مساحات صغيرة نسبيا فى بتاجونيا وجزيرة أرض النار (تيرادلفويجو) .

١١ ـــ ٤ ـــ الأقاليم الباردة

المقصود بالأقاليم الباردة كما سبق أن بينا هو الأقاليم التى يوجد بها فصل طويل شديد البرودة ينخفض المعدل الشهرى لدرجة الحرارة خلاله إلى أقل من درجة التجمد ، ويتراوح طوله مابين ستة أشهر وتسعة أشهر من كل سنة ، وتقع هذه الأقاليم غالباً فى الأطراف المواجهة للقطبين من نطاق الرياح الغربية فى نصف الكرة الشمالى حيث يتسع اليابس اتساعا كبيراً فى العروض العليا ، أما فى نصف الكرة الجنوبى فإن اليابس (باستثناء القارة القطبية الجنوبية) لايصل فى امتداده إلى العروض التى يتمثل فيها هذا المناخ .

وإن التدرج الذى لاحظنا وجوده فى نطاق الأقاليم المعتدلة الباردة إذا ماتتبعناه من الغرب إلى الشرق نلاحظ وجوده كذلك فى نطاق الأقاليم الباردة ، ومعنى ذلك أننا نستطيع أن نقسم هذه الأقاليم إلى ثلاثة أقسام هى :

١ ـــ الأقاليم الباردة البحرية فى شمال غرب أوروبا وشمال غرب أمريكا الشمالية .

٢ ـــ الأقاليم الباردة القارية ، فى الأجزاء الداخلية التى لاتصل إليها المؤثرات البحرية .

٣ ـــ الأقاليم الباردة الموسمية ، فى شرق آسيا .

١١ ـــ ٤ ـــ ١ ـــ الأقاليم الباردة البحرية (نوع النرويج) :

بالإضافة إلى سواحل النرويج يتمثل المناخ البارد البحرى فى نطاق ساحلى ضيق فى ألاسكا وغرب كندا ، ويلاحظ فى كلتا المنطقتين التابعتين لهذا المناخ فى أوروبا وأمريكا الشمالية أن هناك نطاقات جبلية مرتفعة تمتد بدون انقطاع تقريباً بحذاء الساحل ، وقد ترتب على ذلك أن أصبح النوع البحرى من المناخ البارد مقصوراً على شريط ساحلى ضيق جداً فى الجانب الغربى من الجبال ، فإذا ماانتقلنا إلى جانبها الشرقى فإننا نجد نوعا مناخياً لايكاد يظهر فيه أى أثر للمناخ البحرى ، وهذا النوع الأخير هو الذى يعرف باسم المناخ البارد القارى .

ومن أهم ماتتميز به الأقاليم الباردة البحرية أن شتاءها معتدل نسبياً إذا ماقارناها بغيرها من الأقاليم الباردة ، فعلى ساحل النرويج مثلا لاينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من أشهر الشتاء عن درجة التجمد . ولاشك فى أن تيار الخليج يعتبر عاملا أساسياً فى الدفء النسبى الذى يتمتع به هذا الساحل إذا ماقورن بالأجزاء الداخلية ، وهو الدفء الذى يظهر حتى خط عرض ٦٧° شمالا تقريباً ، وهذه الظاهرة لها فائدة كبيرة جداً وهى أن الملاحة لاتتوقف على طول ساحل النرويج فى أى شهر من الشهور . وتتكرر نفس الظاهرة كذلك على ساحل كندا وألاسكا حيث نجد هنا أيضا أن المعدل الشهرى لدرجة الحرارة لاينخفض فى أى شهر من الشهور إلى أقل من درجة التجمد ، وذلك فى جميع أجزاء المنطقة الممتدة حتى خط عرض ٥٢° شمالا إلى الجنوب بنحو ١٠ درجات تقريبا من الحد الشمالى للمنطقة المقابلة لها على ساحل النرويج ، وكما أن تيار الخليج الدافىء هو الذى يساعد على تدفئة هذا الساحل الأخير فإن تيار المحيط الهادى الشمالى الدافى (كيروسيفو) هو الذى يساعد على تدفئة السواحل الغربية لكندا وألاسكا . ولكن يجب أن نلاحظ أن هذا الدفء مقصور على شريط ساحلى ضيق جداً وأن البرودة تشتد بمجرد الابتعاد ولو قليلا عن البحر ، حتى أن درجة الحرارة قد تنخفض عند رؤوس الخلجان بما يتراوح بين ٣ و ٦ درجات مئوية عما هى عليه عند مداخل نفس هذه الخلجان ، ولذلك فكثيراً مانجد أن رؤوس الخلجان تكون أحيانا مغطاة بالثلوج فى الوقت الذى تكون فيه مداخلها مفتوحة للملاحة .

أما عن المطر فى هذا النوع البحرى من المناخ البارد فنلاحظ أنه موزع على جميع أشهر السنة ولكنه يكثر بصفة خاصة فى فصلى الخريف والشتاء بسبب ازدياد نشاط المنخفضات الجوية فى هذين الفصلين عنه فى فصلى الصيف والربيع . ومن أهم مايساعد على كثرة الأمطار كذلك أن الرياح الغربية تمر على مياه التيارات الدافئة قبل وصولها إلى الساحل فتصطدم بالجبال التى تكون قممها ومعظم منحدراتها مغطاة بالجليد . ووجود هذه الثلوج على منحدرات

الجبال يعتبر من غير شك عاملا مساعدا على حدوث التكثف وزيادة كمية المطر تبعا لذلك .

ومن الظاهرات التى تجدر الإشارة إليها أن كمية الأمطار تتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا نحو الشمال ، ويرجع ذلك إلى إزدياد برودة الهواء ، ومايتبع ذلك من تناقص فى مقدرته على حمل بخار الماء .

ونظراً لشدة برودة فصل الصيف فإن معظم الأمطار التى تسقط خلاله تكون غالبا على شكل ثلوج تتراكم على قمم المرتفعات وعلى منحدراتها وتتكون منها فى بعض المناطق طبقات سميكة خصوصا فى الشمال .

ويمكننا أن نشير هنا إلى أن مستوى خط الثلج الدائم على مرتفعات النرويج يتراوح عموما مابين ١٤٠٠ متر فوق سطح البحر فى الجنوب و ٨٠٠ متر فى الشمال ، ولكنه مع ذلك قد يهبط فى بعض المناطق الشمالية المتطرفة إلى مستوى حوالى ٥٠ متراً .

أما الحياة النباتية الطبيعية فى هذا المناخ فتتكون بصفة خاصة من غابات صنوبرية دائمة الخضرة تتخللها أحيانا بعض الغابات النفضية ، ولكن يلاحظ أن هذه الغابات أقل فى كثافتها وفى ضخامة إشجارها بكثير من الغابات التى تنمو فى المناخ المعتدل البارد الممتدة إلى الجنوب منها على الحافات الغربية لليابس ، ففى هذه الغابات الأخيرة توجد أنواع من الأشجار النفضية أكثر تعددا منها فى المناخ البارد .

١١ — ٤ — ٢ — الأقاليم الباردة القارية (نوع سيبريا) :

أهم مايميز هذه الأقاليم أن البرودة الشديدة التى تسودها فى فصل الشتاء يترتب عليها تكون نطاق من الضغط المرتفع الذى يحول دون وصول المؤثرات البحرية إليها من ناحية الغرب ، وهى المؤثرات التى تحملها الرياح الغربية ، كما أن تأثير المحيطات الواقعة فى الشرق لايستطيع كذلك ان يصل إلى هذه الأجزاء



شكل (٨٠) توزيع الأقاليم البارده والأقاليم القطبية فى العالم

لأن الرياح الموسمية الشتوية التى تخرج من القارة إلى البحر تعمل على طردها بعيدا عن اليابس .

ويظهر هذا النوع من المناخ فى مناطق واسعة فى شمال أوراسيا وكندا . ولكن نظرا لاتساع كتلة أوراسيا ، فإن المناخ البارد فيها يكون أشد قسوة منه فى كندا ، ففى سيبيريا نجد أن المعدل الشهرى لدرجة الحرارة ينخفض فى بعض المناطق إلى أقل من — ٥٠° مئوية كما هى الحال فى منطقة فرخويانسك التى يطلق عليها اسم قطب البرودة ، أما فى كندا فإن المعدل الشهرى لاينخفض عادة فى أى منطقة من المناطق إلى أقل من — ٣٠° مئوية .

ومن الطبيعى أن تتناقص درجة الحرارة وتشتد وطأة البرودة فى فصل الشتاء كلما توغلنا فى اليابس بعيدا عن السواحل الغربية ، ويمكننا أن نلاحظ ذلك إذا ماقارنا معدلات الحرارة فى بعض المحطات الواقعة على خطوط عرض متقاربة ، فبينما نجد أن معدل درجة حرارة شهر يناير فى مدينة برجن هو ٣° مئوية نجد أنه ينخفض إلى — ٤° فى أوسلو و — ٧° فى هلسنكى و — ٩° فى لننجراد و — ١٩° فى توبولسك و — ٣٥° فى أوليكمنسك Olekminsk . ويمكننا أن ندرك نفس هذه الحقيقة بطريقة أخرى إذا نظرنا إلى امتداد خط حرارة ٦° مئوية مثلا لشهر يناير حيث نجد أنه يبدأ عند خط عرض ٧٠° شمالا على ساحل النرويج ثم ينحنى تدريجيا نحو الجنوب كلما اتجهنا نحو الشرق حتى يصل فى سيبيريا إلى حوالى خط عرض ٤٥° شمالا .

ولئن كان الشتاء شديد البرودة بهذا الشكل فإن الصيف يعتبر دافئا أو معتدلا بصفة عامة ، حيث يزيد معدل شهر يوليو عن ٦٠° فى كثير من المناطق ، ويكون الانتقال مابين ظروف الصيف وظروف الشتاء فجائيا تقريبا ، ففى مدينة فرخويانسك مثلا يرتفع معدل درجة الحرارة من —١٣° فى شهر ابريل إلى ٢° مئوية فى شهر مايو ، كما أنه يهبط من ٣٦° مئوية فى شهر سبتمبر ٦° مئوية فى أكتوبر ، ومن الواضح أن المدى السنوى للحرارة يكون فى القارى من المناخ أكبر منه على السواحل الغربية .

وتختلف الحياة النباتية بسبب هذا الاختلاف فى درجة الحرارة اختلافا تاما فى فصل الصيف عنها فى فصل الشتاء ، فبينما نجد أن الأرض تكون فى فصل الصيف مكسوة بغطاء من الأعشاب والطحالب ، نجد أنها تكون فى الشتاء مغطاة بطبقة متصلة من الثلج .

أما أمطار هذا المناخ فأقل بكثير من أمطار المناخ البحرى إذ أنها لاتزيد غالبا على ٤٥ سنتيمترا ، وهى تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا شرقا حتى تكاد تنعدم فى وسط آسيا الذى تشغله مناطق صحراوية وشبه صحراوية واسعة . ويكثر التساقط بصفة خاصة فى نصف السنة الصيفى ، أما فى نصفها الشتوى فإن الانخفاض الشديد فى درجة الحرارة لايسمح للهواء بحمل كميات كبيرة من بخار الماء ، ومع ذلك فإن التساقط يكثر فى هذا الفصل ، ولكنه يكون عادة على شكل ثلج .

وتتأثر المناطق الداخلية من اليابس فى بعض الأحيان بالمنخفضات الجوية التى تصل من ناحية الغرب مخترقة نطاق الضغط المرتفع الذى يكون متمركزا على اليابس فى فصل الشتاء ، وتهب فى مؤخرة هذه المنخفضات عواصف قطبية شديدة البرودة جداً ، تبلغ سرعتها مابين ٧٥ و ٩٠ كيلومترا فى الساعة ، وتنخفض درجة الحرارة عند هبوبها بنحو ١٠ أو ١٥ درجة تحت درجة التجمد ، وهذه الرياح هى التى يطلق عليها فى روسيا اسم البوران Buran ، وفى كندا والولايات المتحدة اسم Blizzard ، وكثيرا ماتكون هذه الرياح محملة بمقادير كبيرة من الثلج إما بشكل حبيبات دقيقة أو بشكل كرات صغيرة ، ووجود هذا الثلج يزيد من غير شك من خطرها على الحياة .

وتختلف الحياة النباتية فى المناخ السيبيرى على حسب درجة الحرارة أولا وعلى حسب كمية التساقط ثانيا ، فحيثما يزيد المعدل على ٢٥ سنتيمترا تنمو غابات ... وبرية دائمة الخضرة ، أما إذا قلت الأمطار عن ذلك فإن المظهر النباتى السائد يكون عبارة عن حشائش قصيرة العمر تنمو خلال فصل النمو

فقط ، وتغطى الغابات الصنوبرية فى الوقت الحاضر نطاقا يمتد بدون انقطاع تقريبا عبر سيبيريا فى العالم القديم ، وكذلك عبر كندا وبعض أجزاء ألاسكا فى العالم الجديد ، فعلى الرغم من قصر فصل النمو فى هذا النطاق فإن ارتفاع درجة الحرارة ثم طول ساعات النهار ومايتبعها من زيادة ضوء الشمس خلال أشهر هذا الفصل يعتبران عاملين مهمين يساعدان على نمو الغابات ، وكذلك على زراعة بعض غلات المناطق المعتدلة مثل القمح فى هذا النطاق .

ولكن يلاحظ أن الغابات التى تنمو هنا معظمها من الأنواع القصيرة التى ليست لأشجارها قيمة اقتصادية كبيرة من حيث صلاحية أخشابها لأعمال البناء وماشابه ذلك . ويطلق اسم « التايجا » على الغابات التى من هذا النوع فى سيبيريا ، وتتناقص كثافة الأشجار ، كما تتناقص أحجامها كلما اتجهنا شمالا حتى تختفى تماما فى إقليم التندرا ، كما أن الأشجار تتناقص كذلك على الأطراف الجنوبية كلما سرنا جنوبا نحو قلب آسيا وقلب أمريكا الشمالية حتى نصل إلى مناطق الاستبس والبرارى ، التى يتميز بها المناخ المعتدل القارى .

١١ ـ ٤ ـ ٣ ـ الأقاليم الباردة الموسمية (نوع منشوريا) :

لاتختلف حالة الشتاء فى هذه الأقاليم عنها فى الأقاليم الباردة القارية لأن شرق القارات يكون فى هذا الفصل خاضعا للمؤثرات القارية التى تحمل إليه الرياح الموسمية الخارجة من اليابس ، وهى رياح جافة شديدة البرودة لدرجة أنها تؤدى إلى تجمد مياه الأنهار لفترة تتراوح بين خمسة وستة أشهر من كل سنة وتهبط درجة الحرارة فى بعض المناطق مثل شمال منشوريا إلى ١٥° مئوية ومما يزيد فى قسوة البرودة أن الرياح الموسمية الخارجة من القارة تكون غالبا رياحا شديدة أقرب إلى العواصف فى قوتها .

أما فصل الصيف فهو الذى يميز الأقاليم الباردة الموسمية عن الأقاليم المقابلة لها فى داخل اليابس لأن الرياح تهب على الأولى فى هذا الفصل من ناحية البحر حاملة إليها المؤثرات البحرية بما يصاحبها من أمطار ورطوبة ، وتبلغ كمية المطر

على الساحل فى متوسطها حوالى ١٠٠ سنتيمتر ، ولكنها تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا غربا . ويبدأ موسم المطر عادة فى شهر مايو وينتهى فى شهر سبتمبر .

وتتميز أشهر فصل الصيف كذلك بارتفاع درجة حرارتها إذا ماقورنت بقية أشهر السنة حيث تأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع بسرعة ابتداء من شهر أبريل ، ويأخذ الجليد فى الانصهار ، وهذا هو الوقت الذى تبدأ فيه زراعة المحاصيل وأهمها القمح والشعير .

جدول رقم (٢٨)

معدلات الحرارة بالدرجات المئوية ، ومعدلات الأمطار بالسنتيمترات فى بعض المحطات الواقعة فى الأقاليم الباردة وهى :

(أ) الاقاليم البارده البحريه (نوع النرويج) وتمثلها مدينة برجن فى غرب النرويج ، ومدينة كودياك فى جنوب غرب الاسكا .

(ب) الأقاليم الباردة القارية (نوع سيبيريا) وتمثلها مدينة تمسك وموسكو وونبيج (فى ولاية مانيتوبا فى كندا) .

(جـ) الأقاليم الباردة الموسمية (نوع منشوريا) وتمثلها مدينة فلاديفوستك .

برجن ٦٠° شمالا و ٥° شرقا (٢٢ مترا)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى / السنة
الحرارة	١	١	٢	٦	٩	١٣	١٤	١٤	١١	٧	٤	٢	١٣
المطر	٢٣	١٧	١٦	١١	١٢	١٠	١٤	٢٠	٢٣	٢٤	٢١	٢٢	٢١٣

كودياك ٥٨° شمالا و ٣٧° شرقاً (متران)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى / السنة
الحرارة	ـ ٢	صفر	١	٢	٦	١٠	١٣	١٢	١٠	٩	٢	ـ ١	١٥
المطر	١٢	١٢	١٠	١٠	١٣	١٢	٩	١٤	١٤	١٩	١٥	١٦	١٥٦

موسكو ٥٦° شمالا و ٣٧ شرقا (١٤٦ مترا)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى / السنة
الحرارة	ــ ١١	ــ ٩	ــ ٤	٣	١٢	١٧	١٩	١٧	١١	٤	ــ٢	ــ ٨	٣
المطر	٣	٢	٣	٤	٥	٥	٧	٧	٦	٤	٤	٤	٥٤

تومسك ٥٧° شمالا و ٧٨° شرقا (١٢٠ مترا)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى / السنة
الحرارة	ــ ١٩	ــ ١٧	ــ١١	ــ ١	٨	١٥	١٨	١٥	٩	صفر	ــ١١	ــ١٧	٣٧
المطر	٣	٢	٢	٢	٤	٧	٨	٦	٤	٦	٤	٥	٥٣

وينبج Winnipeg ٥٠° شمالا ، ٩٧° غربا (٢٣٢ مترا)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى / السنة
الحرارة	ــ ٢٠	ــ ١٨	ــ ٩	٣	١١	١٧	١٩	١٨	١٧	٥	ــ ٦	ــ ١٤	٣٩
المطر	٢	٢	٣	٤	٥	٨	٨	٦	٦	٤	٣	٢	٥٣

فلاديفستوك ٤٣° شمالا و ١٣٢° شرقا (١٥ مترا)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى / السنة
الحرارة	ــ ١٥	ــ ١١	ــ ٣	٤	٩	١٤	١٩	٢١	١٦	٩	ــ ١	ــ ١٠	٣٦
المطر	صفر	١	١	٣	٣	٤	٦	٩	٦	٤	١	٢	٣٩

١ أ جـ ٥ — الأقاليم القطبية

المقصود بهذه الأقاليم، على حسب تقسيمنا الذى سبق شرحه، هو الأقاليم التى ينخفض المعدل الشهرى لدرجة الحرارة فيها إلى مادون درجة التجمد فى معظم شهور السنة ، وتوجد أغلب هذه الأقاليم فى العروض العليا من نصف الكرة الشمالى ، أما فى النصف الجنوبى فلا تمثلها إلا القارة القطبية الجنوبية . ويتفق حدها الشمالى فى هذا النصف مع خط عرض ٥٥° جنوبا تقريبا . أما فى النصف الشمالى فنظرا لاختلاط اليابس بالماء اختلاطا شديداً فإن الحد الجنوبى للأقاليم القطبية ينحرف نحو الشمال أو نحو الجنوب على حسب الموقع بالنسبة للمؤثرات البحرية ، فعلى ساحل النرويج وساحل ألاسكا نلاحظ أن الحد الجنوبى للمناخ القطبى ينحرف شمالا بتأثير التيارات البحرية الدافئة ، وذلك بخلاف الحال فى الأجزاء الداخلية من اليابس حيث ينحرف هذا الحد نحو الجنوب لتدخل فيه مناطق واسعة فى شمال روسيا وكندا ، كما تساعد التيارات الباردة التى تمر بالسواحل الشرقية لآسيا وأمريكا الشمالية على دفع هذا الحد نحو الجنوب بشكل واضح على طول هذا الساحل .

ويمكننا أن نقسم الأقاليم القطبية على أساس درجة الحرارة إلى قسمين هما :

١ — مناطق التندرا ، وفيها يرتفع معدل درجة الحرارة فى فصل الصيف القصير إلى مافوق درجة التجمد ، مما يسمح بنمو حياة نباتية فقيرة تتكون من بعض الحشائش والنباتات الزهرية .

٢ — مناطق الثلج الدائم ، وفيها لاترتفع درجة الحرارة فى أى شهر من الشهور عن درجة التجمد ، ولذلك فإن سطح الأرض يكون مغطى بالجليد طول السنة ، ولاتوجد بها مظاهر تستحق الذكر من مظاهر الحياة .

ومن أهم مايميز الأقاليم القطبية عموما أن الفرق بين طول الليل وطول النهار يزداد كثيرا كلما اتجهنا نحو القطب ، وهنا نجد أن السنة تنقسم إلى فصلين يبلغ

طول كل منهما ستة أشهر ، ويكون أحدهما وهو فصل الصيف بمثابة ليل طويل لاتظهر الشمس أثناءه مطلقا ، وهذا فى الواقع هو أقصى طول لليل وأقصى طول للنهار ، ويتناقص طول الليل الشتوى وطول النهار الصيفى تدريجيا كلما اتجهنا ناحية خط الاستواء حتى إذا ماوصلنا إلى الدائرة القطبية نجد أن هناك يوما واحدا فى (٢١ يونيو) تظل الشمس مشرقة أثناءه لمدة ٢٤ ساعة ، ويوما واحدا (٢٢ ديسمبر) لاتشرق فيه الشمس لمدة ٢٤ ساعة .

وتتغطى الأقاليم القطبية كلها بالثلوج فى فصل الشتاء الطويل ، كما تتجمد التربة حتى عمق كبير فإذا مابدأ فصل الصيف أخذت الثلوج فى الانصهار ببطء ولكن هذا الانصهار يكون مقصورا على الطبقة السطحية من التربة، أما الطبقات السفلى فلا يكفى طول فصل الصيف وحرارته لانصهارها ، ومع

جدول رقم (٢٩)

معدلات الحرارة والتساقط فى محطتين من المحطات الواقعة فى الأقاليم القطبية

١ ـــ فاردو (النرويج) ـــ ٧٠° شمالا و ٣١° شرقا ، ١٠ أمتار فوق سطح البحر

٢ ـــ أوركنى الجنوبية ـــ ٦١° شمالا و ٤٥° غربا ، ٧ أمتار فوق سطح البحر .

أ ـــ الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
فاردو :	-٦	-٦	-٤	-١	٢	٦	٩	٩	٦	٢	-٢	-٤	١٥
أوركنى الجنوبية	صفر	صفر	-١	-٣	-٧	-٩	-١١	-٩	-٧	-٤	-٢	-١	١١

(ب) التساقط (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
فاردو :	٧	٧	٥	٤	٤	٤	٥	٥	٦	٦	٦	٧	٦٦
أوركنى الجنوبية	٤	٤	٥	٤	٣	٣	٣	٤	٢	٢	٤	٢	٤٠

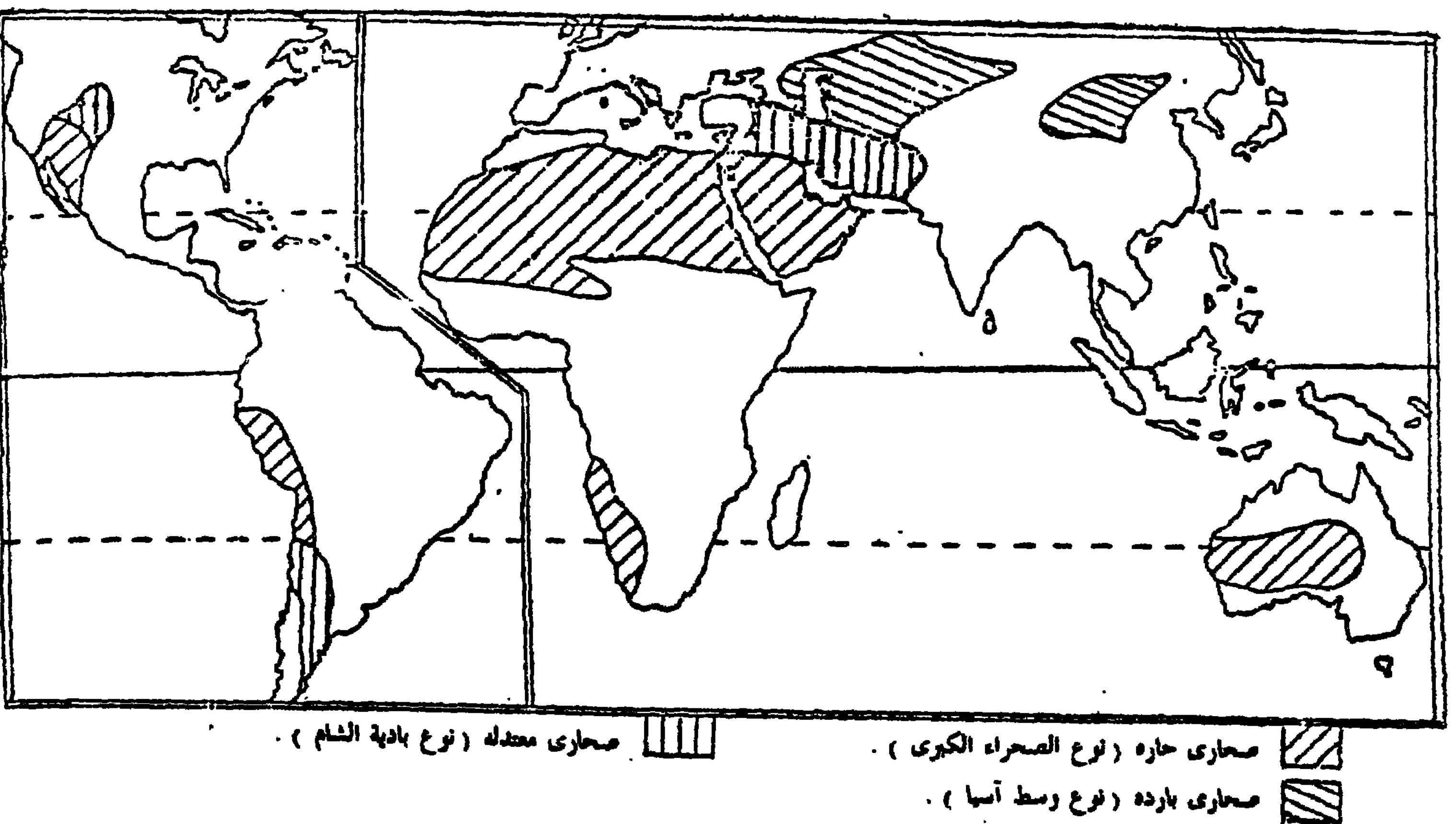
ذلك فإن الدفء الذى تسببه أشعة الشمس فى هذا الفصل يكفى لظهور بعض الأعشاب التى تبدأ فى النمو بسرعة عقب انصهار الجليد ، ذلك الانصهار الذى تتكون بسببه كثير من المستنقعات التى تستمر حتى تتجمد مياهها مرة أخرى فى فصل الشتاء ، وتنمو فى هذه المستنقعات بعض الأعشاب المائية مثل حشائش البحر والحلفا .

أما أمطار المناخ القطبى فقليلة بصفة عامة وتتكون غالبا من بلورات ثلجية تتراكم بعد سقوطها على سطح الأرض ، ويتراوح معدل مايسقط منها سنويا من ٥٠ إلى ٧٠ سنتيمترا (راجع الجدول رقم ٢٩) .

١١ ـ ٦ ـ الأقاليم الصحراوية

حدودها وأقسامها :

إن الصفة الرئيسية التى يتميز بها المناخ الصحراوى كما هو معروف هى قلة الأمطار بدرجة لاتسمح بظهور حياة نباتية طبيعية لها قيمة تذكر من حيث صلاحيتها للرعى أو لأى غرض آخر من الأغراض الاقتصادية المشهورة ، أو لقيام أى نوع من أنواع الزراعة والاستقرار إلا حيثما يمكن استخدام وسائل الرى،سواء بواسطة المياه الجوفية أو مياه الأنهار التى قد تصل إلى المناطق الصحراوية من الأقاليم الممطرة المجاورة لها ، ويلاحظ أن الصحارى ليست عديمة الأمطار تماما ، بل إنها تتعرض ولو فى فترات متباعدة جداً لسقوط بعض الأمطار التى تأتى فى غالب الأحيان مع عواصف رعد شديدة قد يترتب عليها حدوث سيول جارفة ، وهناك على أى حال حد أعلى لكمية المطر السنوية التى تسقط فى المناخ الصحراوى ، ولكن هذا الحد ليس واحداً فى جميع الأقاليم ، لأن حالة الجفاف التى يتميز بها المناخ الصحراوى لاتتوقف على كمية الأمطار فحسب بل إنها تتوقف كذلك على عوامل أخرى أهمها درجة الحرارة التى لها دخل كبير فى تحديد القيمة الفعلية للأمطار ، ففى أقاليم التندرا مثلا يندر أن



شكل (٩١) توزيع الصحارى فى العالم

تزيد كمية التساقط على ٢٥ سنتيمتراً فى السنة ، ومع ذلك فإن هذه الأقاليم لاتعتبر من الأقاليم الجافة لأن التربة السطحية فيها تظل مشبعة بالمياه فى فصل الصيف حيث أنها تكون متجمدة فى معظم أشهر السنة ويكون التساقط فى هذه الأقاليم عبارة عن بلورات ثلجية ، ومعنى هذا أن المياه لاتضيع سواء بالانحدار فوق سطح الأرض أو بالتسرب نحو الباطن ، وحتى فى فصل الصيف تظل الطبقات السفلى من التربة متجمدة وتحول بذلك دون تسرب المياه التى تتجمع على السطح نتيجة لانصهار الجليد نحو الباطن ، وثمة مثال آخر أن كمية المطر التى تسقط فى بعض مناطق غرب استراليا لاتزيد عموما على ٢٥ سنتيمترا ،ومع ذلك فإن زراعة القمح تجود فى هذه المناطق لأن سقوط الأمطار يتفق مع الفترة التى يكون فيها النبات فى أشد الحاجة للمياه خصوصاً إذا لاحظنا أن ميعاد سقوط هذا المطر لايتغير تغيرا واضحا من سنة إلى أخرى .

وعلى العكس من ذلك نجد أن كمية المطر التى تسقط فى بعض المناطق الصحراوية الحارة قد تصل إلى حوالى ٥٠ سنتيمترا ، كما هى الحال على حدود السفانا فى إفريقية ، ومع ذلك فإن معظم هذه الكمية تضيع بالتبخر نتيجة لاشتداد درجة الحرارة فى فصل الصيف وهو فصل سقوط المطر .

وهكذا نجد أن كمية المطر لاتعتبر فى حد ذاتها أساسا طبيعيا دقيقا لتحديد المناخ الصحراوى ، ولكن أفضل مظهر يمكن الحكم بواسطته على أى إقليم بأنه صحراوى هو النباتات الطبيعية التى تظهر فى هذا الإقليم ، لأن هذه النباتات تعتبر خير مقياس للقيمة الفعلية للأمطار .

وقد سبق أن ذكرنا أننا سنحدد المناخ الصحراوى على أساس معامل الجفاف م = ح + ٩ ، ومعناه بعبارة أخرى أن الصحارى توجد فى الأقاليم التى تقل فيها كمية المطر (بالسنتيمترات) عن معدل درجة الحرارة المئوية مضافا إليها معامل ثابت هو ٩ .

أما من حيث درجة الحرارة فمن الواضح أنه لايوجد للمناخ الصحراوى

حد حرارى معين فالصحارى يمكن أن توجد فى أى أقليم من الأقاليم الحرارية بما فى ذلك الأقاليم القطبية التى سبق أن ذكرنا أنها تمثل نوعا خاصا من الصحارى وكان من الممكن أن ندرس هذه الأقاليم ضمن الأقاليم الصحراوية لولا أننا فضلنا أن ندرسها فى نهاية الأقاليم المناخية العامة لأنها تعتبر فى نفس الوقت نوعا قائما بذاته من الأقاليم المناخية ، وهو نوع يتمشى مع النطاقات المناخية العامة . فإذا ماصرفنا النظر عن هذه الأقاليم (الأقاليم القطبية) نلاحظ أن الأقاليم الصحراوية، سواء منها مايوجد فى العروض الحارة أو مايوجد منها فى العروض الباردة، تشترك كلها فى صفتين أساسيتين هما :

١ ـ أن المدى السنوى، واليومى للحرارة فيها جميعا مرتفع جداً ، خصوصا فى الصحارى المعتدلة والباردة التى يزيد المدى السنوى للحرارة فى أغلبها عن ٢٦° مئوية .

٢ ـ أن فصل الصيف فيها جميعا شديد الحرارة ، وليس هناك فرق كبير بين الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة أو الباردة من هذه الناحية ، ففى صحارى وسط آسيا حتى فى الأطراف الشمالية منها يصل معدل درجة حرارة شهر يوليو فى بعض الأماكن إلى ٥٠° مئوية ، وهو نفس المعدل الذى نجده فى الصحراء الكبرى عموما ، كما أن النهاية العظمى التى تسجل فى صحارى وسط آسيا أو أمريكا الشمالية قد ترتفع إلى نفس المعدل الذى ترتفع إليه فى الصحراء الكبرى وهو ٦٥° مئوية . وقد دلت الإحصاءات على أن أعلى درجات حرارة سجلت فى العالم كله كانت فى الوادى المعروف باسم وادى الموت بكاليفورنيا على خط عرض ٣٦° شمال خط الاستواء(١) .

ولكن على الرغم من التشابه الذى رأينا أنه يوجد بين الأقاليم الصحراوية فى فصل الصيف ، فإن المعدلات الحرارية لفصل الشتاء تدل على وجود اختلافات واضحة بين الصحارى الواقعة فى العروض الحارة والصحارى الواقعة فى العروض المعتدلة أو الباردة ، فإذا أخذنا مثلا المعدلات الحرارية لشهر يناير فى

(١) A. Austin Miller, Ibid. p. 252.

عدد من الأماكن الصحراوية الواقعة على خطوط عرض مختلفة عند ... تتراوح مابين ٦° و ٢٤° مئوية ، ولهذا السبب فإننا نرى ان المعدلات الحرارية لفصل الشتاء هي أصلح الأسس التي يمكن الاعتماد عليها لتقسيم المناخ الصحراوى إلى أنواعه الرئيسية ، وعلى هذا الأساس يمكننا أن نقسم الصحارى إلى ثلاثة أنواع (غير النوع القطبي الذى سبق الكلام عليه) وهى :

١ ــ صحارى حارة ، وفيها لاينخفض المعدل الحرارى فى أى شهر من الشهور عن ١٣° مئوية (٥٥,٤° ف) .

٢ ــ صحارى معتدلة ، وفيها لاينخفض المعدل فى أى شهر من الشهور عن ٦° مئوية .

٣ ــ صحارى باردة وفيها ينخفض المعدل فى بعض الشهور عن درجة التجمد .

١١ ــ ٦ ــ ١ ــ الصحارى الحارة :

ليس من شك فى أن الصحراء الكبرى بإفريقية وامتدادها فى شبه الجزيرة العربية بغرب آسيا هى أعظم الصحارى الحارة ، بل أعظم الصحارى عموما من حيث الاتساع ، حيث أن مساحتها تزيد على ثلاثة ملايين من الأميال المربعة وتدخل ضمن الصحارى الحارة كذلك صحراء ناميبيا و صحراء كلهارى فى جنوب إفريقية ، ثم الصحارى التى تشغل معظم قارة استراليا ، وصحارى المكسيك وأريزونا فى أمريكا الشمالية ، وصحراء أتكاما فى غرب أمريكا الجنوبية .

وإذا القينا نظرة عامة على توزيع هذه الصحارى نلاحظ أنها تتسع بصفة خاصة فى شمال إفريقية وفى استراليا ، والسبب فى ذلك هو أن هاتين القارتين تتسعان اتساعا واضحا فى العروض المدارية ، ولاشك فى أن اتصال إفريقية بكتلة آسيا من ناحية الشرق قد ساعد كثيراً على عظم امتداد الصحارى بها ، كما أن امتداد سلاسل الجبال الرئيسية باستراليا بمحاذاة سواحلها الشرقية قد حال دون توغل الرياح الممطرة نحو الأجزاء الوسطى والغربية وساعد بذلك على ظهور

جدول رقم (٣٠)

معدلات الحرارة والامطار فى بعض محطات
الأقاليم الصحراوية الحارة وهى ·

١ ــ أسوان ــ ٢٤° شمالا و ٣٣° شرقا ، ١٠ أمتار فوق سطح البحر .
٢ ــ عين صالح (الجزائر) ــ ٢٧° شمالا و ٢° شرقا ، ٢٨٠ مترا فوق سطح البحر .
٣ ــ يوما Yuma (أريزونا) ــ ٢٣° شمالا و ١١٥ غربا ، ٤٣ مترا فوق سطح البر .

أ) درجة الحرارة (مئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
أسوان ·	١٥	١٧	٢١	٢٦	٢٩	٣٢	٣٣	٣٢	٣٠	٢٨	٢٢	١٧	١٨
عين صالح :	١٦	١٧	٢٢	٢٧	٣١	٣٢	٣٢	٣٢	٣١	٢٨	٢٣	١٧	١٦
يوما :	١٣	١٥	١٨	٢١	٣١	٢٩	٣٣	٣٢	٢٩	٢٢	١٦	١٣	٢٠

(ب) الأمطار (سنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
أسوان :	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	صفر
عين صالح :	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	صفر
يوما	١	١	١	—	—	—	—	١	١	١	١	١	٨

مساحات صحراوية واسعة فى هذه القارة إلى الغرب من نطاق الجبال ، ومثل هذا يقال أيضا عن جنوب إفريقية حيث نجد أن الحافة المرتفعة للهضبة تمتد بحذاء الساحل الشرقى للقارة ، ووجود هذه الحافة هو الذى يحول دون توغل معظم الرياح الممطرة نحو الغرب مما أدى إلى ظهور صحراء كلهارى وصحراء ناميبيا .

أما فى أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية فإن ... يختلف عن ذلك ، ففى أمريكا الشمالية نجد أن اليابس يضيق بشكل فجائى تقريبا إلى الجنوب من خط عرض ٣٠° شمالا ، ويكون أثر البحار المجاورة وهى خليج المكسيك فى الشرق والمحيط الهادى فى الغرب واضحا فى مناخ الأطراف الجنوبية للقارة مما أدى إلى حصر المناخ الصحراوى الحار فى الأجزاء الداخلية من هذه الأطراف .

أما فى أمريكا الجنوبية فنجد أن امتداد سلاسل جبال الإنديز بجوار سواحلها الغربية قد حصر المناطق الصحراوية فيها فى الشريط الضيق الموجود بين هذه الجبال والساحل ، كما هى الحال فى بيرو وشمال شيلى ، بينما تجد الرياح الشرقية الطريق أمامها مفتوحا لإسقاط أمطارها على مناطق واسعة من شرق القارة .

النوع الساحلى من الصحارى الحارة :

على الرغم من أن الصحارى الحارة عموما تتميز بمناخها القارى المتطرف فإن الأجزاء الساحلية منها تتميز بأن اثر البحار يعمل على تلطيف مناخها من عدة وجوه ، بحيث يمكننا أن نعتبر هذه الأجزاء نوعا خاصا من الصحارى الحارة ، وهو النوع الذى سنطلق عليه اسم النوع الساحلى .

وهو يتمثل فى أشرطة ضيقة من السواحل الغربية للصحارى الحارة فى إفريقية وأمريكا الجنوبية واستراليا ، ومن أهم الصفات التى تميز الصحارى الساحلية الحارة ما يأتى :

١ — انخفاض المدى السنوى لدرجة الحرارة انخفاضا كبيراً عنه فى الأجزاء الداخلية ، ففى فصل الصيف يندر أن يرتفع معدل درجة الحرارة على الساحل فى أى شهر من الشهور عن ٢٠° مئوية ، كما يندر أن ينخفض هذا المعدل من ناحية أخرى فى أى شهر من أشهر فصل الشتاء عن ١٥° ، ومعنى ذلك أن المدى السنوى لدرجة الحرارة قلما يزيد على خمس درجات، مع العلم بأنه يرتفع فى معظم الأجزاء الداخلية إلى أكثر من عشرين درجة .

أما المدى اليومى فقلما يزيد على الساحل عن عشر درجات مقابل ثلاثين درجة أو أكثر فى الداخل . وبينما نجد أن درجة الحرارة قد ترتفع فى الداخل إلى حوالى ٤٩° مئوية فى بعض أيام فصل الصيف نجد أنها لا تزيد مطلقا على ٣٨° فى المناطق الساحلية .

ومن الظاهرات التى يجب ملاحظتها أن هناك تيارات مائية باردة تمر بجوار السواحل الغربية للصحارى الحارة ، وهى تيار غرب استراليا ، وتيار الكناريا

تيار بنجويلا فى غرب إفريقية، ثم تيار كاليفورنيا وتيار همولت فى غرب أمريكا الجنوبية ، ومن الواضح أن وجود هذه التيارات الباردة يعتبر من العوامل المهمة التى تساعد على خفض درجة الحرارة فى المناطق الساحلية فى فصل الصيف، وخصوصا إذا لاحظنا أن الرياح التجارية التى تسود فى مناطق الصحارى الحارة تخرج عموما من ناحية اليابس فتعمل باستمرار على دفع الطبقة السطحية الدافئة نسبيا من مياه البحر بعيدا عن الشاطىء ، وهذا يؤدى إلى كشف طبقات أخرى جديدة أبرد نسبيا من الطبقات السطحية .

وبمقارنة درجات الحرارة فى بعض المحطات الواقعة على طول بعض السواحل الصحراوية التى تمتد من الشمال إلى الجنوب أن الفروقات بين هذه الدرجات ليست كبيرة مما يدل على أن تأثير البحر على درجة حرارة هذه السواحل يفوق كثيرا أثر الموقع بالنسبة لخط العرض ، كما يظهر من الجدول رقم (٣١) .

جدول رقم (٣١)

درجات الحرارة فى بعض محطات الصحارى الساحلية على خطوط عرض مختلفة

المحطة	خط العرض	أحر الشهور	أبرد الشهور	المعدل السنوى
كالاو (بيرو)	١٢° جنوبا	٢٢	١٧	١٩
أريكا (شيلى)	١٨° جنوبا	٢٢	١٧	١٩
إيكيك (شيلى)	٢٠° جنوبا	٢١	١٦	١٨
أنتوفاجاستا (شيلى)	٢٣° جنوبا	٢٢	١٧	١٩
خليج والفس (جنوب غرب إفريقية)	٢٣° جنوبا	١٩	١٤	١٧
خليج لودرتس (جنوب غرب إفريقية)	٢٧° جنوبا	٢٠	١٥	١٧

ويمكننا أن ندرك نفس هذه الظاهرة بوضوح كذلك إذا نظرنا إلى خريطة لخطوط الحرارة المتساوية ، حيث نلاحظ أن هذه الخطوط تمتد موازية للساحل تقريبا لمسافات طويلة .

ولكن بينما نجد أن الاختلاف فى درجة الحرارة لايكون كبيرا بين البلاد الواقعة على طول الساحل بهذا الشكل ، فإن الاختلاف يكون كبيرا جداً بين المحطات الساحلية والمحطات الأخرى الواقعة فى الداخل على نفس خط العرض

تقريباً ، وذلك بعد أن نأخذ فى اعتبارنا الفرق الناتج عن أثر التضاريس . ويظهر هذا واضحا من الجدول رقم (٣٢) .

٢ ــ الفرق الثانى بين الصحارى الساحلية الحارة والصحارى الداخلية هو ارتفاع نسبة الرطوبة وكثرة الضباب فى الأولى بشكل واضح ، وهذا أمر طبيعى يرجع إلى تأثير البحر على مناخ هذه السواحل . فعلى ساحل خليج والفس فى جنوب غرب إفريقية مثلا يبلغ معدل الرطوبة النسبية فى يناير (الصيف) حوالى ٨٥٪ وفى يوليو حوالى ٧٧٪ ، كما تبلغ فى رأس جوبى على ساحل الصحراء الكبرى المطل على المحيط الأطلسى حوالى ٨٢٪ فى يناير (الشتاء) و ٩١٪ فى يوليو ، أما فى الداخل فتنخفض الرطوبة كثيراً عن ذلك ، ففى أسوان نجد أنها تبلغ حوالى ٤٦٪ فقط فى شهر يناير و ٣٠٪ فى شهر يوليو .

الجدول رقم (٣٢)

مقارنة بين معدلات الحرارة على سواحل الصحارى الحارة وفى داخلها (المقارنة بين محطة على ساحل الصحراء الكبرى وأخرى فى داخلها وبين محطة على ساحل صحراء ناميبيا وأخرى فى داخلها)

(أ) كيب جوبى (رأس جوبى) فى ريودورو على الساحل الشمالى الغربى لإفريقية على خط عرض ٢٨° شمالا وخط طول ١٣° غربا ، وهى فى مستوى سطح البحر ، وعين صالح فى الجزائر إلى الشرق من رأس جوبى بنحو ٢٣٠ كيلومتراً وعلى خط عرض ٢٧° شمالا وخط طول ٢ شرقا وعلى ارتفاع ٢٨٠ متراً فوق سطح البحر .

(ب) خليج والفس فى إفريقية الجنوبية الغربية على خط عرض ٢٣° جنوبا وخط طول ٣٠َ ١٤° شرقا ، وويندهوك Windhock إلى الشرق من الساحل بنحو ٥٦٠ كيلومتراً على خط عرض ٣٠َ ٢٢° جنوبا وخط طول ١٧° شرقا وعلى ارتفاع ١٦٥٠ متراً فوق سطح البحر

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
رأس جوبى	١٦	١٦	١٧	١٨	١٨	٢٠	٢٠	٢٠	٢١	٢٠	١٨	١٧	٥
عين صالح	١٣	١٥	٢٠	٣٠	٢٤	٢٦	٢٦	٣٣	٢٧	٢٠	٢٠	١٤	٢٠
خليج والفس	١٩	٠٩	١٩	١٨	١٧	١٦	١٤	١٤	١٤	١٥	١٧	١٨	٥
ويندهوك	٤	٢٢	٢١	١٩	١٦	١٣	١٣	١٠	١٩	٢١	٢٢	٢٣	١١

ويكثر الضباب فى معظم أيام السنة على طول السواحل بل إنه يعتبر من الظاهرات الطبيعية المستمرة فى بعض الأماكن . ويلاحظ فى معظم المناطق أن الضباب يزداد بصفة خاصة فى فصل الشتاء عنه فى فصل الصيف، كما يزداد أثناء الليل عنه أثناء النهار ، وذلك على الرغم من ازدياد التبخر فى الصيف وكذلك أثناء النهار تبعا لارتفاع درجة الحرارة ، والسبب فى ذلك هو أن برودة اليابس فى الشتاء وأثناء الليل تساعد على تكثف بخار الماء العالق بالهواء أما فى فصل الصيف وأثناء النهار فإن ارتفاع درجة حرارة اليابس يعمل على تبديد الضباب بسرعة كلما ابتعدنا عن الساحل نحو الداخل ، حتى أنه لايستطيع أن يتوغل فى اليابس إلا لمسافات محدودة ، فهو لايتخطى السلاسل الجبلية فى بيرو وشيلى كما لايتوغل فى صحراء ناميبيا فى جنوب غرب إفريقية إلى أكثر من مائة كيلومتر .

وعلى الرغم من ارتفاع نسبة الرطوبة فى هواء السواحل الصحراوية الحارة فإن كمية هذه الرطوبة ليست كبيرة بسبب مرور الهواء الذى قد يهب من البحر على مياه التيارات الباردة ولذلك فإن هذه الرطوبة لاتكفى لإسقاط أمطار تذكر على هذه السواحل خصوصاً إذا لاحظنا أن اليابس يكون عموما شديد الحرارة وأن هذا يؤدى إلى تناقص نسبة الرطوبة كلما ابتعدنا عن البحر نحو قلب الصحراء ، وتلعب الظروف المحلية مع ذلك دوراً مهما فى تحديد كمية المطر،ففى بيرو وجنوب غرب إفريقية وجنوب كاليفورنيا نجد أن الرياح التى تهب من ناحية الشرق تهبط نحو هذه الصحارى من المرتفعات التى تشرف عليها ، فيؤدى هبوطها إلى ارتفاع درجة حرارتها وانخفاض نسبة الرطوبة بها ، ولهذا فإن كمية المطر لاتزيد فى كل هذه المناطق على ثلاثة سنتيمترات فى السنة . أما فى غرب استراليا فإن كمية المطر تزيد كثيرا عن ذلك حيث تصل إلى حوالى ٢٢ سنتيمتراً على الساحل الممتد من أقصى الجنوب حتى خط عرض ٤٦° جنوبا، كما تسقط مثل هذه الكمية على ساحل شيلى وجنوب غرب إفريقية من أقصى جنوبها حتى خط عرض ٣٣° جنوبا .

١١ ـ ٦ ـ ٢ ـ الصحارى المعتدلة

تتمثل هذه الصحارى فى مناطق كثيرة فى قارة آسيا بسبب اتساعها العظيم فى العروض المعتدلة ، كما أنها تتمثل كذلك فى بعض الأحواض المحصورة بين سلاسل جبال روكى فى أمريكا الشمالية مثل صحراء الحوض العظيم . وفى أمريكا الجنوبية نجد كذلك أن الصحارى المعتدلة تتمثل فى شمال هضبة باتاجونيا التى تكونت بسبب وجود جبال الإنديز إلى الغرب منها ، حيث أن هذه الجبال تحول دون وصول الرياح والأعاصير الممطرة إليها من ناحية الغرب إلا أن صحراء باتاجونيا تتميز عن نظيراتها فى آسيا بأن مناخها يتأثر تأثراً واضحا بالمحيط الأطلسى الممتد إلى الشرق منها بحيث أصبحت له بعض الصفات البحرية الخاصة به من حيث ارتفاع نسبة الرطوبة وصغر المدى الحرارى خصوصا فى المنطقة المجاورة للمحيط الأطلسى .

وتشغل الصحارى المعتدلة فى آسيا نطاقا عظيما يبدأ فى سوريا وشمال فلسطين فى الغرب ويمتد نحو الشرق عبر الأردن والعراق وإيران ، وكذلك الصحارى الممتدة حول بحر قزوين والصحارى الواقعة إلى الشرق منها حتى سلاسل جبال خنجان فى الشرق ، ويلاحظ أن بعض هذه الصحارى عبارة عن أحواض محصورة بين سلاسل جبلية مرتفعة ، ويختلف اتساعها من منطقة إلى أخرى ، ومن أمثلتها حوض تاريم وأحواض هضبة التبت ، وليس من شك فى أن وجود السلاسل الجبلية المرتفعة حول هذه الأحواض يعتبر عاملا مهما من العوامل التى ساعدت على ظهور المناخ الصحراوى فيها لأنه قلل من فرصة وصول الرياح الممطرة إليها من أى جهة من الجهات ، ومع ذلك فإن المياه التى تنحدر على جوانب الجبال قد ساعدت على ظهور عدد من الواحات بالقرب منها ، وتستفيد هذه الواحات من المياه التى تنحدر على جوانب الجبال مباشرة وكذلك من المياه التى تتجمع فى طبقات التربة ولاتختلف الظروف فى صحراء الحوض العظيم بأمريكا الشمالية عنها فى الأحواض الصحراوية بوسط

آسيا ، حيث أن الحوض العظيم محاط كذلك بسلاسل جبلية تحول دون وصول الرياح الممطرة إليه من أى ناحية .

ولكن يلاحظ أن بعض الصحارى الموجودة بين سلاسل الجبال يكون مستوى سطحها مرتفعا بدرجة يترتب عليها انخفاض المعدلات الحرارية لبعض أشهر فصل الشتاء عنها فى بقية الصحارى المعتدلة ، ويمكننا أن نضم مثل هذه الصحارى إلى النوع البارد من الأقاليم الصحراوية ، وهو النوع الذى سنتكلم عليه فيما بعد . ويختلف موسم سقوط الأمطار فى صحارى آسيا من الغرب إلى الشرق تبعا لاختلاف موسم سقوط الأمطار فى الأقاليم المجاورة ، ففى صحارى سوريا والعراق وإيران والصحارى الواقعة حول بحر قزوين وبحر آرال يسقط أكثر من ٨٠٪ من الأمطار القليلة التى تصيب هذه الصحارى فى نصف السنة الشتوى ، وذلك لأن مثل هذه الصحارى تتأثر بمظاهر مناخ البحر المتوسط التى تسود إلى الغرب منها ويتبين هذا من توزيع الأمطار فى كل من تدمر بالصحراء السورية وبغداد (أنظر الجدول رقم ٣٣) ، وعلى العكس من ذلك نجد أن الأمطار القليلة التى تسقط فى صحراء جوبى وصحراء تاكلاماكان تأتى فى نصف السنة الصيفى ، وذلك لأن مناخ هاتين المنطقتين يعتبر امتدادا لمناخ الاستبس الذى تسقط معظم أمطاره فى هذا النصف من السنة .

١١ ــ ٦ ــ ٣ ــ الصحارى الباردة

تشغل هذه الصحارى نطاقا يمتد إلى الشمال من نطاق الصحارى المعتدلة فى آسيا ، ويمكننا أن نضم إليه بعض الصحارى التى تقع على مستويات مرتفعة وسط سلاسل جبال الهيمالايا حيث أن ارتفاع مستواها يؤدى إلى انخفاض المعدلات الحرارية عليها فى بعض أشهر الشتاء عن ٦° مئوية .

ولاتختلف ظروف الصحارى الباردة اختلافا كبيرا عن ظروف الصحارى

جدول رقم (٣٤)

معدلات الحرارة والأمطار (بالدرجات المئوية)

فى بعض بلاد الصحارى المعتدلة وهى :

١ ــ تدمر ــ ٣٥° شمالا و ٣٨° شرقا ، ٤٠٥,٠ متراً فوق سطح البحر .

٢ ــ بغداد ــ ٣٣° شمالا و ٤٤° شرقا ، ٣٤ متراً فوق سطح البحر .

(أ) ــ الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
تدمر :	٧	٩	١٣	١٩	٢٤	٢٧	٢٩	٢٩	٢٦	٢٢	١٥	٨	٢٢
بغداد	٩	١١	١٦	٢٢	٢٨	٣٢	٣٤	٣٤	٣١	٢٤	١٧	١١	٢٥

(ب) ــ معدلات المطر (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
تدمر :	٣	٢	١	١	١	—	—	—	—	١	١	٣	١٣
بغداد :	٣	٣	١	١	١	—	—	—	—	—	٣	٣	١٥

المعتدلة إلا فى انخفاض درجة الحرارة فى فصل الشتاء خصوصا على الأطراف الشمالية التى تقع على حدود إقليم التندرا ، وأهم مايميز هذه الصحارى عن النوعين الآخرين أن درجة الحرارة تنخفض فيها فى فترة من السنة إلى مادون درجة التجمد ، وفيما عدا ذلك نجد أن بقية مظاهر المناخ لاتختلف كثيرا عنها فى الصحارى المعتدلة من حيث ارتفاع درجة حرارة فصل الصيف وارتفاع المدى السنوى واليومى لدرجة الحرارة . وتسقط معظم أمطار الصحارى الباردة فى فصل الصيف تبعا لنظام سقوط المطر فى مناطق الاستبس المجاورة لها .

ويلاحظ أن هذا النوع من الصحارى لايتمثل فى نصف الكرة الجنوبى إلا فى جنوب صحراء بتاجونيا ، ولكن نظرا لأن هذه الصحراء واقعة فى الطرف الجنوبى من أمريكا الجنوبية وهو أضيق أجزاء القارة فإن تأثير البحر على درجة الحرارة يؤدى إلى خفض المدى السنوى والمدى اليومى بالنسبة لهما فى صحارى وسط آسيا .

ويبين الجدول رقم (١٩) معدلات الحرارة والأمطار فى بعض البلاد الواقعة فى الصحارى الباردة .

جدول رقم (٣٤)
معدلات الحرارة والأمطار
فى بعض البلاد الواقعة فى الصحارى الباردة وهى :

١ ــ أرغيز (روسيا) ــ ٤٩° شمالا و ٦١° شرقا ، ١١٠ أمتار فوق سطح البحر .
٢ ــ استراخان (روسيا) ــ ٤٦° شمالا و ٤٨° شرقا ، ١٤٠ مترا فوق سطح البحر .
٣ ــ سانتا كروز (باتاجونيا) ــ ٥٠° جنوبا و ٦٩° غربا ، ٢٣ مترا فوق سطح البحر .

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

.	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	ــ ١٦	ــ ١٦	٧	٧	١٧	٢٢	٢٤	٢٣	١٥	٦	٣	١٢	٤٠
٢ ــ	ــ ٧	ــ ٦	صفر	٩	١٨	٢٣	٢٥	٢٣	١٧	١٠	٣	٣	٣٢
٣ ــ	١٦	١٤	١٢	٩	٥	١	١	٣	٦	٩	١٣	١٣	١٥

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ــ	٢	١	١	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	٢	١٨
٢ ــ	١	١	١	١	٢	٢	١	١	١	١	١	١	١٤
٣ ــ	١	١	١	٢	٢	١	٣	١	١	١	١	٣	١٨

١٢
مناخ إفريقيا

١٢ ــ ١ ــ العوامل التى تؤثر فى مناخ القاره
أولا ــ موقع القارة وشكلها
ثانيا ــ التيارات البحرية
ثالثا ــ التضاريس
رابعا ــ توزيع الضغط الجوى على القاره
خامسا ــ الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ القاره

١٢ ــ ٢ ــ الأقسام المناخية لإفريقيا
١٢ ــ ٢ ــ ١ ــ الأقاليم الحارة
أ ــ المناخ الاستوائى
ب ــ المناخ المدارى القارى
ج ــ المناخ المدارى البحرى
د ــ المناخ المدارى الصحراوى

١٢ ــ ٢ ــ ٢ ــ المناخ المعتدل الدافىء
أ ــ مناخ البحر المتوسط
ب ــ مناخ ناتال
ج ــ المناخ المعتدل الدافىء الموسمى

١٢
مناخ افريقية
(عرض موجز)

١٢ ـ ١ ـ العوامل التى تؤثر فى مناخ القارة :

أولا ـ موقع القارة وشكلها :

تتميز إفريقية عن غيرها من القارات بأن خط الاستواء يمر فى منتصفها تقريبا ، بمعنى أن البعد بين هذا الخط وبين ساحلها الشمالى يكاد يساوى البعد بينه وبين ساحلها الجنوبى ، إذ أن القارة تمتد على وجه التقريب مابين خطى عرض ٣٥° شمالا و ٣٧° . . با ، وكان من نتائج هذا الموقع أن أصبح معظم القارة داخلا فى نطاق الأقاليم الحارة ، كما أصبح ترتيب فصول السنة فى قسمها الشمالى مخالفا له فى قسمها الجنوبى . وتعتبر إفريقية فى الواقع أشد القارات حرارة ، فإذا مااستثينا الأطراف الشمالية والجنوبية لهذه القارة ، وكذلك المناطق الجبلية المرتفعة فيها ، ومن أهمها منطقة جبال أطلس وهضبة الحبشة وغيرها نجد أن المعدل السنوى لدرجة الحرارة فى معظم أجزائها يزيد على ٣٠° مئوية .

ويتأثر مناخ القارة فضلا عما تقدم بتوزيع الماء واليابس من حولها ، فبينما نجد أن كتلة أوراسيا تؤثر تأثيرا واضحا على مناخ الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية نجد أن هذا التأثير لايكاد يظهر فى المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء ، اللهم إلا فى مناطق محدودة فى شرق القارة ، وفيما عدا ذلك نلاحظ أن القسم الجنوبى تحيط به من الشرق والغرب والجنوب مساحات مائية عظيمة الاتساع تحول دون وصول المؤثرا القارية إلى هذا القسم من أى اتجاه من هذه الاتجاهات تقريبا ، وإن كان هذا لايمنع بطبيعة الحال من أن

تكون بعض الأجزاء الداخلية فى هذا القسم ذات مناخ قارى بسبب بعدها النسبى عن البحار ، خصوصا إذا لاحظنا أن هناك مناطق مرتفعة تفصل بين هذه الأجزاء وبين الساحل .

وتعتبر قارة إفريقية ثانى قارة فى العالم من حيث الاتساع بعد قارة آسيا ، وتبلغ مساحتها حوالى ثلاثين مليونا من الكيلومترات المربعة ، كما أنها تتميز عن بقية القارات بقلة تعاريج سواحلها قلة ظاهرة بدرجة لاتظهر فى أى قارة أخرى وقد كان اتساع القارة بهذا الشكل مع قلة تعاريج سواحلها من أهم العوامل التى جعلت المؤثرات البحرية لاتوغل فيها إلا لمسافات محدودة جداً ، خصوصا فى القسم الشمالى منها لأنه أعظم اتساعا بكثير من قسمها الجنوبى ، فإذا أضفنا إلى ذلك صغر مساحة البحر الأحمر والبحر الأبيض المتوسط بالنسبة للمحيطات عامة أمكننا أن ندرك السبب فى أن معظم شمال إفريقية تحتله أعظم صحارى العالم اتساعا وأشدها جفافا . أما فى الجنوب فإن ضيق القارة وعدم وجود مساحات من اليابس قريبة منها قد أدى إلى صغر المساحة التى يظهر فيها المناخ الصحراوى فى هذا القسم بخلاف الحال فى الشمال .

ثانيا ــ التيارات البحرية :

يتأثر مناخ السواحل الشرقية والسواحل الغربية للقارة ببعض التيارات البحرية التى لايقتصر أثرها على درجة حرارة هذه السواحل ، بل يظهر كذلك فى رطوبة الجو ومايتبع هذه الرطوبة من مظاهر التكثف المختلفة ، ففى الغرب نجد أن تيارى الكناريا فى الشمال وبنجويلا فى الجنوب قد ساعدا كثيرا على خفض درجة الحرارة على السواحل التى يمران بها ، ويظهر أثر تيار الكناريا على طول الساحل الممتد مابين بوغاز جبل طارق فى الشمال وخط عرض ١٢° شمالا فى فصل الشتاء أو خط عرض ١٧° فى فصل الصيف فى الجنوب (تبعا لتزحزح المناطق الحرارية العامة) ، وأهم الآثار المناخية لهذا التيار البارد هى خفض درجة الحرارة على السواحل التى يمر بها وزيادة احتمال ظهور الضباب ،

كما أن هذا التيار يعتبر عاملا مهما فى قلة الأمطار على نفس السواحل ويمكننا أن ندرك مبلغ تأثير تيار الكناريا على درجة الحرارة إذا عرفنا أن درجة حرارة الهواء الذى يقع فوقه مباشرة قد تقل كثيراً عن درجة حرارة الهواء على مسافة قصيرة فى الداخل على نفس خط العرض . ويزداد الفرق بصفة خاصة فى فصل الصيف نتيجة لاشتداد درجة حرارة اليابس . وتعمل الرياح التجارية الشمالية الشرقية وهى الرياح السائدة فى شمال القارة على خفض درجة حرارة المياه الساحلية بطريقة غير مباشرة ، حيث أنها تعمل باستمرار عند خروجها من اليابس على إزاحة الطبقة السطحية من المياه المجاورة للساحل ودفعها بعيداً عنه فتكشف بذلك الطبقة التى تحتها والتى تكون درجة حرارتها أقل من المياه السطحية ، ولهذا فإن معدل درجة حرارة مياه الساحل تظل منخفضة بصفة عامة ولاتزيد فى أى شهر من شهور السنة عن ١٨° مئوية ، بينما يزيد المعدل فى كثير من الأجزاء الداخلية فى الصحراء عن ٣٢° فى أشهر الصيف .

ولايقل أثر تيار بنجويلا على مناخ القسم الجنوبى من الساحل الغربى عن أثر تيار الكناريا فى الشمال فهو يعمل كذلك على خفض درجة حرارة السواحل التى يمر بها بصورة واضحة فضلا عن أنه يساعد على كثرة ظهور الضباب وقلة الأمطار على هذه السواحل . وليس من شك فى أن وجود تيارى الكناريا وبنجويلا الباردين يعتبر من العوامل المهمة التى ساعدت على امتداد المناخ الصحراوى فى شمال إفريقية وجنوبها نحو الغرب للدرجة أن هذا المناخ يصل إلى ساحل المحيط الأطلسى مباشرة . ويلاحظ أن أثر تيار بنجويلا يظهر على الساحل الغربى لإفريقية الجنوبية مابين خط الاستواء فى الشمال ورأس الرجاء الصالح فى الجنوب .

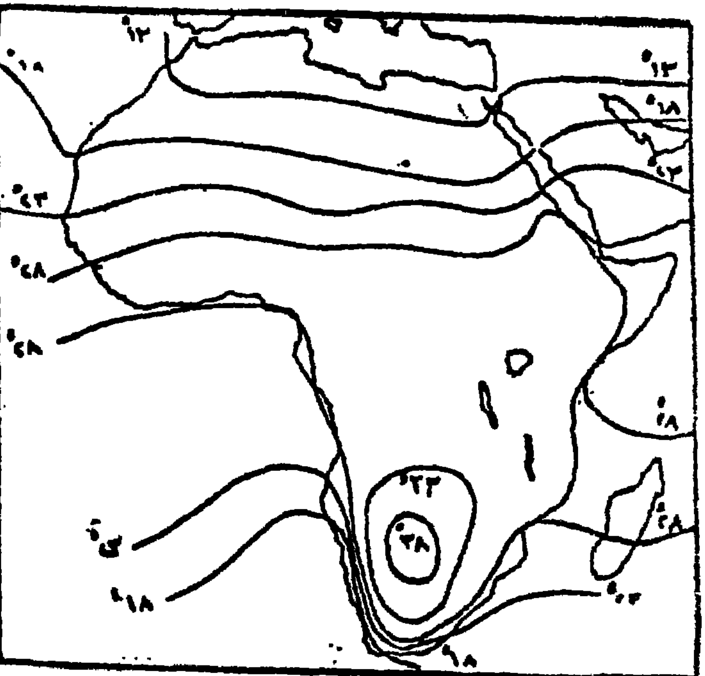
وإلى جانب تيارى الكناريا وبنجويلا الباردين يتأثر الساحل الغربى لإفريقية بتيار آخر دافىء يعرف باسم تيار غانة ، وهو تيار استوائى يظهر على الساحل الممتد بين النقطتين اللتين ينتهى عندهما أثر التيارين السابقين ، أى مابين خط الاستواء تقريبا وخط عرض ١٢° شمالا فى الشتاء و ١٧° شمالا أيضا فى

الصيف ، ويزيد معدل درجة حرارة مياه هذا التيار على ٢٦° مئوية ، ولهذا فإنها تكون عاملا مساعداً على رفع درجة الحرارة وزيادة كمية بخار الماء على السواحل التى تمر بها .

وإذا انتقلنا إلى الساحل الشرقى نلاحظ أن نظام التيارات البحرية يختلف فى فصل الشتاء عنه فى فصل الصيف ، وذلك لأن التيارات البحرية فى القسم الشمالى من المحيط الهندى تتأثر باتجاه هبوب الرياح الموسمية التى تخرج من القارة الآسيوية نحو المحيط فى فصل الشتاء والعكس فى فصل الصيف ، إلا أن هذا الأثر لايكون واضحا بالنسبة للتيارات البحرية التى توجد إلى الجنوب من خط الاستواء ، فإلى الجنوب من هذا الخط بحوالى ١٥° تقريبا يتحرك « تيار استوائى » ضخم من الشرق إلى الغرب ، وعندما يصطدم هذا التيار بالساحل الشرقى لإفريقية (عند رأس دلجادو Delgado) ينقسم إلى قسمين أحدهما يتجه شمالا ، أما الثانى فيتجه نحو الجنوب ، ويستمر هذا القسم الأخير فى حركته حتى يصل إلى رأس الرجاء الصالح ، وهنا يلتقى بتيار بنجويلا الذى سبق ذكره ، وهذا التيار هو الذى يشتهر باسم تيار موزمبيق الحار ، وتتراوح درجة حرارة مياهه فى فصل الصيف (يناير) مابين ٣٠° مئوية عند نهايته الجنوبية و ٣٨° عند بدايته الشماليه . أما فى فصل الشتاء (يوليو) فتتراوح درجة حرارة مياه هذا التيار فى نفس المكانين بين ١٧° و ٢٦° . وبمقارنة هذا التيار بتيار بنجويلا المقابل له على الساحل الغربى نجد أن درجة حرارة مياه التيار الأول تزيد فى المتوسط بنحو ٦ درجات مئوية عن درجة حرارة مياه التيار الثانى . ويلاحظ أن قسما من تيار موزمبيق ينحرف فى شمال جزيرة مدغشقر ليمر بالسواحل الشرقية لهذه الجزيرة مما يساعد أيضا على تدفئتها وعلى زيادة بخار الماءالعالق بهوائها. أما القسم الذى يتجه نحو الشمال (من التيار الاستوائى الضخم) فيصل فى جولته إلى خط الاستواء ثم يختلف اتجاهه بعد ذلك فى القسم الواقع إلى الشمال من هذا الخط على حسب نظام الرياح

الموسمية ، ففى فصل الصيف تعمل الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التى تتجه نحو آسيا على دفع مياه هذا التيار أمامها نحو الشمال إلى البحر العربى ومن ثم يسير التيار أمام سواحل إيران الجنوبية وسواحل الهندوبورما وغرب الملايو فى حركة متفقة فى اتجاهها مع حركة عقرب الساعة. وتبلغ سرعة التيار أمام سواحل الصومال شمال خط الاستواء أكثر من ٦ كيلومترات فى الساعة وتكون درجة حرارة مياهه فى هذه المنطقة مرتفعة حتى أنها تصل عند السطح إلى حوالى ٢٨° مئوية أو أكثر ، وقد ترتفع إلى ٢٩° فى شهرى أبريل ومايو ، ولكن هناك ملاحظة مهمة يجب ألا نهملها عند الكلام على أثر هذا التيار البحرى على مناخ الساحل الشرقى لإفريقية والساحل الجنوبى لشبه الجزيرة العربية . وهذه الملاحظة هى أن درجة حرارة المياه أمام هذه السواحل تكون عادة أقل من درجة حرارة المياه فى داخل المحيط بعيدا عن الشاطىء طول السنة، ويزداد الفرق بصفة خاصة فى مايو وأبريل حيث تكون المياه الساحلية أبرد بنحو ثلاث درجات مئوية من مياه الداخل. ويرجع ذلك إلى أن المياه السطحية للتيار تميل للانحراف بعيدا عن الساحل خصوصا عند اشتداد الرياح الموسمية الجنوبية الغربية فيؤدى هذا إلى حدوث حركه انبثاق تؤدى إلى رفع المياه السفلية إلى أعلى فى الأجزاء الملاصقة للساحل ، وتكون هذه الظاهرة واضحة بصفة خاصة أمام الساحل الإفريقى مباشرة حوالى خط عرض ١٠° عند هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، ومن المرجح أن برودة المياه الساحلية بهذا الشكل تعتبر من العوامل التى تساعد على جفاف إقليم الصومال وجنوب شرق شبه الجزيرة العربية .

أما فى فصل الشتاء فينقلب نظام التيارات البحرية فى شمال خط الاستواء ، ويبدأ هذا الانقلاب فى شهر نوفمبر عندما يبدأ هبوب الرياح الموسمية الشتوية من ناحية آسيا ، حيث تؤدى هذه الرياح إلى تحرك المياه على طول الساحل الجنوبى لآسيا فى اتجاه مضاد لاتجاه حركة عقرب الساعة ، وتستمر هذه المياه فى حركتها مع ساحل القرن الإفريقى حتى تصل إلى خط الاستواء ، ويكون

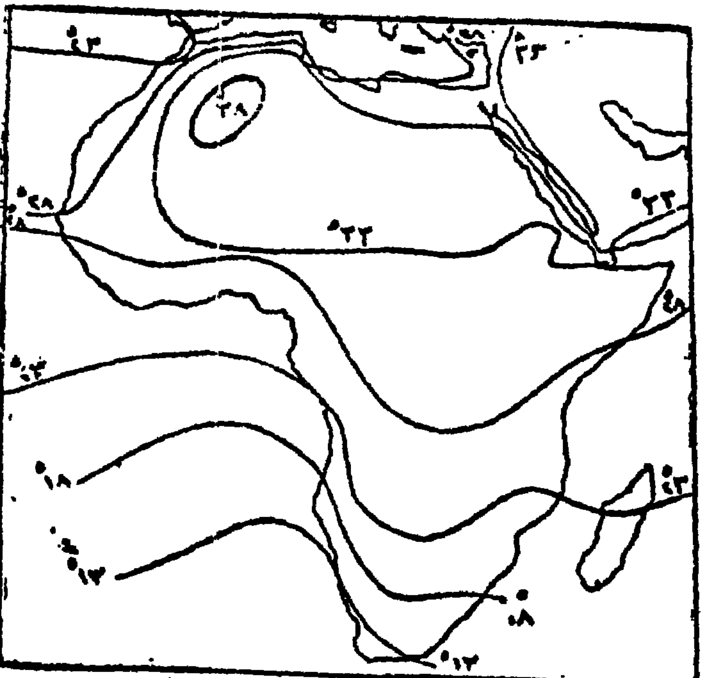


(شكل ٩٣) خطوط الحرارة المتساوية لشهر يناير

شكل (٩٢)

خطوط الحرارة المتساوية

لشهر يناير



شكل (٩٣)

خطوط الحرارة المتساوية

لشهر يوليو

اتجاه حركة تيار الماء أمام هذا الساحل من الشمال الشرقى ، وتكون درجة حرارة مياهه أقل من درجة حرارة مياه الأجزاء الداخلية من المحيط بحوالى درجة ونصف درجة مئوية ، وترجع هذه البرودة النسبية إلى عاملين هما برودة فصل الشتاء نفسه بالإضافة إلى أن المياه تتحرك نحو خط الاستواء ، أى نحو مناطق أشد حرارة من المناطق التى تأتى منها .

ويستمر نظام التيارات بهذا الشكل حتى شهر فبراير ، وعلى الرغم من أن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية لاتكون عندئذ قد بدأت هبوبها بعد فإن دورة التيارات البحرية تبدأ فى الانعكاس فى هذا الشهر لتأخذ أتجاهها متفقا مع اتجاه حركة عقرب الساعة ، وتكون هذه التيارات بطيئة فى أول الأمر ، ولكن سرعتها تزداد بمجرد بدء هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية .

أما أثر البحر الأحمر على مناخ السواحل الشرقية لإفريقية فمحدود جداً بسبب صغر مساحته مع ملاحظة أن هذا الأثر يكون أقل وضوحا فى فصل الصيف منه فى فصل الشتاء ، لأن البحر الأحمر يعتبر من البحار الدافئه طول السنة،ولهذا فإن تأثيره الملطف على درجة حرارة السواحل المطلة عليه يكون محدوداً جداً ، وتتراوح درجة حرارة سطح الماء فى القسم الشمالى من هذا البحر مابين ٢٢° فى يناير و ٢٧° مئوية فى يوليو ، أما فى القسم الجنوبى منه فتتراوح درجة حرارة المياه السطحية مابين ٢٨° فى يناير و ٣٢° فى يوليو ، ولكن على الرغم من الارتفاع الشديد لدرجة حرارة مياه هذا البحر فى فصل الصيف فإنها تكون على أى حال أقل من درجة حرارة السواحل المجاورة .

وبخلاف الحال بالنسبة للبحر الأحمر نلاحظ أن البحر المتوسط له أثر عظيم على مظاهر الجو وأحوال المناخ فى معظم شمال إفريقية ، ففى فصل الشتاء يساعد الدفء النسبيء لمياه هذا البحر على ظهور منطقة من الضغط المنخفض فوقه كما يساعد على تدفئة السواحل المجاورة وعلى زيادة أمطارها ، إذ أن الرياح التى تمر على هذه المياه تكون عادة محملة بكميات كبيرة من بخار الماء . أما فى فصل الصيف فتنعكس الآية ويكون البحر المتوسط أقل حرارة من اليابس

المحيط به ، ويساعد ذلك على امتداد الضغط المرتفع الآزورى عليه من ناحية الغرب وتكون الرياح السائدة على شمال إفريقية فى هذا الفصل هى الرياح التجارية الشمالية الشرقية . وعلى الرغم من مرور هذه الرياح على مياه البحر المتوسط قبل وصولها إلى السواحل الشمالية فإنها تكون عديمة الأمطار لأنها تنتقل إلى مناطق أشد حرارة بكثير من حرارة البحر المتوسط نفسه ، ويعتبر هذا العامل من الأسباب المهمة التى كان لها دخل فى وجود الصحراء الكبرى .

ومما يلاحظ أن مياه البحر المتوسط لاتبرد برودة سريعة عقب انتهاء فصل الصيف بل إنها تظل محتفظة فى فصل الخريف بكثير من حرارتها ، ولهذا فإن درجة حرارتها فى هذا الفصل تكون عادة أعلى منها فى فصل الربيع الذى تأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع خلاله ببطء شديد .

التضاريس :

تختلف إفريقية عن غيرها من القارات فى عدم وجود سلاسل جبلية كبرى بها من نوع الهيمالايا والألب والإنديز والروكى ، ولذلك فإنه بدلا من الانتقال المناخى المفاجىء الذى يسببه وجود مثل هذه السلاسل نجد أن الأنواع المناخية المختلفة فى القارة الإفريقية يتداخل بعضها فى بعض بحيث يكون الانتقال تدريجيا من نوع إلى آخر . كما يلاحظ من ناحية أخرى أن المناطق السهلية التى يقل ارتفاعها عن ٣٠٠٠ متر فوق سطح البحر قليلة المساحة أيضا،إذ أن ارتفاع القسم الأكبر من هذه القارة يتراوح بين ٣٠٠ و ١٢٠٠ متر فوق سطح البحر،وفيما عدا جبال أطلس نلاحظ أن معظم الأقاليم المرتفعة فى إفريقية موجودة بشكل نطاق عظيم يشغل معظم جنوب القارة وشرقها . ويمكننا أن نلخص أهم الأقسام التضاريسية فى إفريقية فيما يلى :

١ ـــ سلاسل جبال أطلس وهضبة الشطوط وهى تفصل فصلا يكاد يكون تاما بين مناخ البحر المتوسط فى شمالها والمناخ الصحراوى إلى الجنوب منها ، وأعظم هذه السلاسل ارتفاعا هى سلسلة أطلس العظمى فى مراكش حيث يصل ارتفاع بعض قممها إلى حوالى ٣٠٠٠ متر أو أكثر .



شكل (٩٤) تضاريس إفريقيا

٢ ـــ الصحراء الكبرى وهى فى جملتها عبارة عن هضبة لايزيد ارتفاعها عن ٩٠٠ متر إلا فى مواضع قليلة حيث تبرز فوقها بعض المرتفعات التى قد يزيد ارتفاعها على ٢٤٠٠ متر ، ومن أمثلتها مرتفعات تيبستى. والحجار ، وإن وجود هذه المرتفعات قد ساعد على وجود مناطق مناخية أقل جفافا نوعا ما من مناخ الصحراء التى حولها .

٣ ـــ مرتفعات شرق القارة ويتكون منها نطاق عظيم يشمل مرتفعات تانزانيا، هضبة البحيرات أوهضبة الحبشة وجبال البحر الأحمر .

٤ ـــ مرتفعات الكمرون وغانةالجنوبية، وهى تفصل حوض الكنغو عن المحيط الأطلسى .

٥ ـــ أحواض جنوب القاره وهى عبارة عن مناطق منخفضة نسبيا عن المستوى العام للهضبة الجنوبية ، ومن أهمها حوض الكنغو وحوض كلهارى ، وإن انخفاض هذهالأحواضعما حولها يجعل فرصة وصول الرياح الممطرة إليها ضعيفة بصفة عامة .

٦ ـــ الهضبة الجنوبية ويزيد ارتفاعها عموما على ١٢٠٠ متر ، وتوجد أعلى مناطقها فى الشرق ، ويتناقص الارتفاع بصفة عامة كلما اتجهنا غربا .

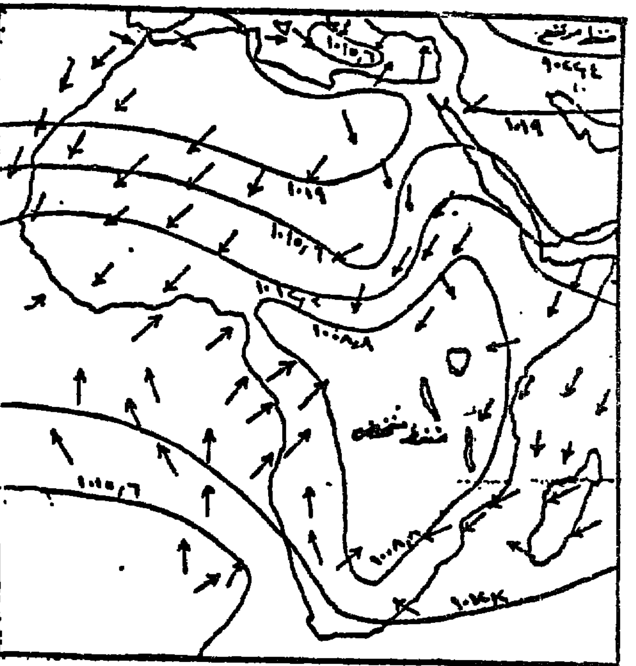
٧ ـــ المرتفعات الموجوده فى إفريقيا الشمالية ومن أهمها مرتفعات تيبستى والحجار فى الصحراء الكبرى ومرتفعات غانة الغربية التى تشمل هضبة فوتاجالون فى أقصى غرب إقليم ساحل غانة ثم مرتفعات كردفان ودرافور فى السودان ، وكل هذه المرتفعات تكون أكثر أمطارا من المناطق التى حولها والتى تقل عنها فى الارتفاع .

رابعا ـــ توزيع الضغط الجوى على القارة :

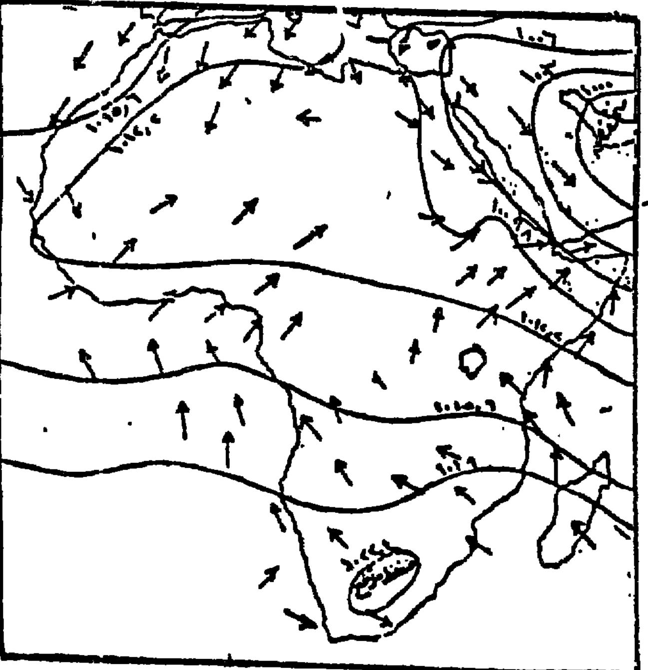
يتأثر مناخ القارة بحركة الشمس الظاهرية نحو الجنوب فى نصف السنة الشتوى ونحو الشمال فى نصفها الصيفى ، ويظهر هذا واضحا فى توزيع الضغط الجوى ونظام هبوب الرياح على أجزائها المختلفة ، فبالنظر إلى خريطتى الضغط الجوى والرياح لفصلى الصيف والشتاء الشماليين (كما تمثلهما خريطتا يوليو ويناير) نلاحظ وجود بعض المظاهر العامة التى يمكن إجمالها فيما يلى :

(ب) الحالة فى فصل الصيف (يوليو) : فى هذا الفصل يكون توزيع مناطق الضغط الجوى الكبرى التى تؤثر فى مناخ القارة كما يأتى :

١ ـــ نطاق من الضغط المنخفض يمتد على الصحراء الكبرى بسبب شدة الحرارة ويصل فى امتداده نحو الجنوب حتى يتصل بنطاق الضغط المنخفض



(شكل ٩٥) توزيع الضغط الجوى والرياح على إفريقية فى فصل الشتاء



(شكل ٩٦) توزيع الضغط الجوى والرياح على إفريقية فى فصل الصيف

الاستوائى الذى يتزحزح شمالا فى هذا الفصل ، ويتكون من النطاقين معا نطاق عظيم يشمل معظم القسم الشمالى من إفريقية ويكون مركزه ممتدا بين خطى عرض ١٥° و ٢٠° شمالا على وجه التقريب .

٢ ـــ نطاق الضغط المرتفع الآزورى، الذى يتسع نطاقه على المحيط الأطلسى الشمالى فى هذا الفصل، ويمتد منه ذراع عظيم على جنوب أوروبا وحوض البحر المتوسط ، ومن هذا النطاق تهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية نحو مركز الضغط المنخفض الذى سبق ذكره ، وهذه الرياح هى التى تكون سائدة على السواحل الجنوبية للبحر المتوسط ومعظم شمال القارة .

٣ ـــ نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى ، وهو يتزحزح قليلا نحو الشمال فى هذا الفصل ويكون ممتدا بدون انقطاع تقريبا على جنوب القارة وعلى المحيط الهندى من جهة والمحيط الأطلسى الجنوبى من جهة أخرى، وتهب الرياح الشمالية الغربية من هذا النطاق على قسم صغير من الطرف الجنوبى الغربى للقارة أى على إقليم رأس الرجاء الصالح، وتؤدى هذه الرياح بما يصاحبها من المنخفضات جوية إلى سقوط الأمطار الشتوية .

وفيما عدا هذا القسم نلاحظ أن الهضبة الجنوبية بأكملها تقريبا تسودها الرياح التجارية الجنوبية الشرقية التى تهب من نفس نطاق الضغط المرتفع متجهة نحو الضغط المنخفض الاستوائى، وتستمر فى هبوبها نحو الشمال حتى بعد خط الاستواء ، ولكن بعد عبورها لهذا الخط تواصل هبوبها حتى حوالى خط عرض ٢٠ شمالا . ويكون اتجاهها عندئذ جنوبيا غربيا

(ب) الحالة فى فصل الشتاء (يناير) : فى هذا الفصل تتزحزح مناطق الضغط الجوى بصفة عامة نحو الجنوب تبعا لحركة الشمس الظاهرية ويطرأ عليها فى نفس الوقت كثير من التغيرات سواء على القارة أو على الأقاليم المحيطة بها . ويكون توزيعها مختلفا من بعض الوجوه عما كان عليه فى فصل الصيف بسبب الاختلاف الذى يطرأ على توزيع المناطق الحرارية سواء على القارة نفسها

أو على المحيطات والقارات الأخرى المحيطة بها . ويمكننا أن نلخص نظام الضغط الجوى على القارة فى هذا الفصل كما يلى :

١ ـــ الضغط المرتفع الآزورى الذى يمتد فى هذا الفصل على شمال إفريقية، ويتكون منه نطاق عظيم الاتساع يقع إلى الجنوب من السواحل الشمالية للقارة ويكون مركزه واقعا فى جنوب جبال أطلس .

٢ ـــ الضغط المنخفض الذى يتكون على البحر المتوسط نتيجة لدفئه بالنسبة لليابس المحيط به ، وتهب الرياح الجنوبية الغربية نحو هذا الضغط المنخفض من منطقة الضغط المرتفع التى سبق ذكرها ، وهذه الرياح هى التى تكون سائدة على السواحل الشمالية لإفريقية .

وتغزو البحر المتوسط فى هذا الفصل كثير من المنخفضات الجوية التى تتحرك على طوله من الغرب إلى الشرق وتكون سببا فى سقوط معظم الأمطار الشتوية التى تصيب الأطراف الشمالية للقارة .

٣ ـــ نطاق الضغط المنخفض الاستوائى ، وهو على الرغم من تزحزحه نحو الجنوب فى هذا الفصل فإنه لاينتقل بأكمله إلى الجنوب من خط الاستواء بل يظل معظمه واقعا إلى الشمال من هذا الخط بصفة عامة خصوصا فى الغرب حيث نجد أنه يمتد إلى الشمال مباشرة من خط عرض ٥° شمالا ، والسبب فى ذلك يرجع إلى عظم اتساع القارة فى الشمال مما يجعل المناطق المدارية الشمالية ذات حرارة مرتفعة طول السنة حتى فى فصل الشتاء ، وباستثناء السواحل الشمالية نلاحظ أن معظم القسم الشمالى من إفريقية تسوده الرياح التجارية الشمالية الشرقية التى تهب من نطاق الضغط المرتفع الآزورى الذى سبق ذكره فى الشمال نحو نطاق الضغط المنخفض الاستوائى فى الجنوب .

٤ ـــ منطقة الضغط المنخفض التى تتكون فى هذا الفصل على جنوب القارة بسبب ارتفاع درجة الحرارة ، ويلاحظ أن هذه المنطقة تمتد نحو الشمال حتى تتصل بنطاق الضغط المنخفض الاستوائى، ويتكون من المنطقتين نطاق

واحد يقع مركزه حول خط الاستواء ويكون له أثر واضح فى اجتذاب الرياح التجارية الشمالية الشرقية من جهة والرياح التجارية الجنوبية الشرقية من نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى من جهة أخرى .

٥ ـ نطاق الضغط المرتفع وراء مدار الجدى ، ويلاحظ أن هذا النطاق يكون له فى هذا الفصل مركزان منفصلان يقع أحدهما على المحيط الهندى ، ويقع الثانى على المحيط الأطلسى ، وتفصل بينهما منطقة الضغط المنخفض التى تتكون على جنوب القارة . ومما يلاحظ أن هذا النطاق يتزحزح فى هذا الفصل نحو الجنوب بحيث يمتد عموما حول خط عرض ٣٥°، ولهذا السبب نجد أن كل جنوب القارة يقع فى نطاق الرياح التجارية الجنوبيةالشرقية، وتختفى الرياح الغربية التى كانت تهب فى الفصل السابق على إقليم رأس الرجاء الصالح فى الطرف الجنوبى الغربى .

ونظراً لأن الضغط المنخفض الاستوائى فى غرب القارة يظل فى هذا الفصل واقعا إلى الشمال من ساحل غانة فإن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية تضطر لعبور خط الاستواء بحيث تنحرف وتصير جنوبية غربية كما يحدث فى فصل الصيف (يوليو) ولكنها لاتمتد فى هبوبها نحو الشمال إلى أبعد من خط عرض ١٠° شمالا بينما يصل هبوبها فى فصل الصيف إلى حوالى خط عرض ٢٠° شمالا .

ومما يلاحظ أيضا أن وجود الضغط المنخفض على جنوب القارة يؤدى إلى ضعف الرياح التجارية وعدم انتظام هبوبها على الساحل الغربى إلى الجنوب من خط الاستواء،وهذا هو السبب فى أن الرياح التى تسود على هذا الساحل فى فصل الصيف الجنوبى تكون مابين الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية .

خامسا : الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ القارة :

لاتوجد فى الوقت الحاضر بيانات وافية عن أنواع الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ الأقاليم المختلفة للقارة الإفريقية ، ولكننا مع ذلك نستطيع أن نكون

فكرة عامة عن هذه الكتل على أساس نظام هبوب الرياح وتوزيع درجة الحرارة فى الفصول المختلفة ، سواء على القارة نفسها أو على اليابس والماء المحيط بها .
وكما هو المتوقع نلاحظ أن الكتل الهوائية المدارية هى أكثر أنواع الكتل الهوائية تأثيرا على مناخ القسم الأكبر من القارة بينما يقتصر أثر الكتل الهوائية القطبية على مناطق محدودة فى أطرافها الشمالية والجنوبية ، ويمكننا أن نذكر باختصار أهم أنواع الهواء التى تؤثر فى مناخ إفريقية بصفة عامة كما يأتى :

أ ــ الهواء المدارى . وهو إما أن يكون مداريا بحريا (mT) مصدره المحيط الأطلسى الجنوبى من ناحية والمحيط الهندى من ناحية أخرى ، أو مداريا قاريا (cT) ينشأ على القارة نفسها أو يصل إليها من أوروبا وآسيا .

ب ــ الهواء القطبى وهو إما أن يكون قطبيا بحريا مصدره المحيط الأطلسى الشمالى أو قطبيا قاريا مصدره السهول الوسطى والشمالية لأوروبا .

ومما يلاحظ أن كل نوع من الأنواع السابقة قد يوصف بأنه مستقر أو غير مستقر على حسب الاختلاف بين درجة حرارته ودرجة حرارة المناطق التى ينتقل إليها ، فالهواء المستقر هو الذى تكون درجة حرارة المنطقة التى يصل إليها أقل من درجة حرارته ويرمز له بالحرف «w» والعكس فى حالة الهواء غير المستقر الذى يرمز له بالحرف «k» . وعلى هذا الأساس نجد ، على سبيل المثال أن هناك نوعين من الهواء المدارى البحرى أحدهما مستقر «mTw» والآخر غير مستقر «mTk» .

ويمكننا أن نلقى نظرة عامة على توزيع الأنواع المختلفة من الهواء على قارة إفريقية فى الشتاء والصيف كما يلى :

أولاً : فصل الشتاء (يناير) :

أ ــ الهواء المدارى : تعتبر الصحراء الكبرى بسبب اتساعها وانسجام سطحها بصفة عامة من أهم مناطق نشأة الكتل الهوائية المدارية القارية فى العالم cT ، ويتميز هواؤها بأنه شديد الجفاف طول السنة ، وبأنه شديد الحرارة فى

فصل الصيف ومائل للبرودة فى فصل الشتاء ، وهذا هو الهواء الذى يسيطر فى فصل الشتاء على الأحوال الجوية فى كل شمال إفريقية تقريبا حتى قرب خط الاستواء ، ولهذا فإن معظم هذا القسم من القارة يسوده فى هذا الفصل جو صحو عديم الأمطار خصوصا فى العروض المحصورة بين خطى عرض ١٥° و ٣٠° شمالا . أما فى المناطق الممتدة على طول البحر المتوسط فى الشمال وعلى طول ساحل غانة فى الجنوب فإن هذا الهواء يؤدى فى كثير من الأحيان إلى ظهور السحب وسقوط بعض الأمطار خصوصا عندما يلتقى بجبهة باردة حيث أنه يضطر فى هذه الحالة للارتفاع فوق هذه الجبهة .

وفى جنوب القارة ينشأ الهواء المدارى كذلك فى منطقة حوض كلهارى ولكن على نطاق أضيق مما يحدث فى الصحراء الكبرى . ويسيطر هذا الهواء بصفة خاصة على جنوب غرب إفريقية ، ونظرا لشدة الحرارة فى جنوب القارة فى هذا الفصل (الصيف الجنوبى) فإن التيارات الهوائية الصاعدة تكون نشطة فى هذا النوع من الهواء ويؤدى ذلك إلى سقوط بعض الأمطار ، ولكنها تكون قليلة بسبب قلة بخار الماء الذى يحمله الهواء (المدارى القارى) .

أما الهواء المدارى البحرى فيظهر أثره بوضوح فى منطقتين مختلفتين من إفريقية وهما :

١ ــ السواحل الشرقية مابين رأس الرجاء الصالح فى الجنوب وخط عرض ٥° جنوبا فى الشمال ، فإلى هذه السواحل يصل هواء مدارى بحرى غير مستقر mTk من المحيط الهندى مع الرياح التجارية الجنوبية الشرقية ، ويكون هذا الهواء محملا بكميات كبيرة من بخار الماء ، ونظراً لأن جنوب القارة يكون شديد الحرارة فى هذا الفصل فإن هذا يساعد على زيادة حالة عدم الاستقرار فى الهواء عند انتقاله من البحر إلى اليابس ، ويترتب على ذلك سقوط كثير من الأمطار على السواحل وعلى المنحدرات الشرقية للجبال والهضاب المتاخمة لهذه السواحل أو القريبة منها .

٢ — ساحل غانة حيث يؤدى الهواء المدارى غير المستقر إلى سقوط كميات كبيرة من الأمطار

ويلاحظ أن السواحل الشرقية لإفريقيا إلى الشمال من خط الاستواء يصلها من آسيا نوع من الهواء المدارى القارى cT، إلا أن مرور هذا الهواء على المياه الدافئة للبحر العربى يجعل الطبقات السفلى منه تكتسب بعض صفات الهواء المدارى البحرى mT ، ولهذا فإنه يكون سببا فى سقوط قليل من الأمطار على هذه السواحل ، ولكن يلاحظ أن الطبقات العليا من هذا الهواء تظل محتفظة بصفات الهواء المدارى القارى ، حيث أن مساحة البحر العربى ليست كبيرة بدرجة تكفى لأن تغير صفات الهواء كله فى جميع طبقاته .

ب — الهواء القطبى : نظرا لأن القارة الإفريقية فى معظمها واقعة فى العروض الحارة فإن تأثير الهواء القطبى فى مناخها يكون أقل بكثير من تأثير الهواء المدارى ، ولذلك فإن أثر الهواء القطبى يقتصر غالبا على الأطراف الجنوبية للقارة ، ففى فصل الشتاء الشمالى نجد أن مرور المنخفضات الجوية على البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق يؤدى إلى وصول تيارات من الهواء القطبى البحرى mP فى مؤخره هذه الانخفاضات إلى السواحل الشماليه الغربية لإفريقية ، حيث يؤدى وصولها إلى سقوط الأمطار على هذه السواحل ، وتكثر الأمطار بصفة خاصة على المنحدرات الشمالية والغربية . ومصدر هذا الهواء هو الكتل الهوائية القطبية البحرية التى تتكون على المحيط الأطلسى الشمالى ، وقد يصل أثره فى بعض الأحيان إلى السواحل الشمالية لجمهورية مصر العربية وليبيا حيث يؤدى إلى سقوط بعض الأمطار .

ولكن يلاحظ أن معظم الهواء القطبى الذى يصل إلى هذه السواحل الأخيرة فى الشتاء يكون فى الأصل من النوع القارى cP الذى ينشأ على السهول الوسطى والشمالية لأوروبا ، ولكن مروره على المياه الدافئة للبحر المتوسط يؤدى إلى رفع درجة حرارة الطبقة السفلى منه وارتفاع نسبة بخار الماء

بها ، كما يؤدي إلى ظهور حالة عدم استقرار فى هذا الهواء ، ولهذا فإنه يكون سببا فى سقوط بعض الأمطار على شمال ليبيا ومصر . وهو يأتى عادة فى مؤخرة المنخفضات الجوية التى تغزو البحر المتوسط من ناحية الغرب فى فصل الشتاء وكثيرا ماتصحبه موجات من البرد شديدة القسوة .

ثانيا — فصل الصيف (يوليو) :

الهواء المدارى : تظل الصحراء الكبرى فى هذا الفصل أيضا مركزا لنشأة الهواء المدارى القارى cT ، الذى يكون شديد الحرارة والجفاف ، وعلى الرغم من أن اشتداد الحرارة فى الصحراء يؤدى إلى عدم استقرار هذا الهواء إلا أن صغر كمية الرطوبة العالقة به لاتسمح إلا بسقوط كميات قليلة جدا من الأمطار . ويصل إلى السواحل الشمالية للقارة فى هذا الفصل من ناحية البحر المتوسط نوع معدل من الهواء المدارى القارى مصدره الأجزاء الجنوبية من أوروبا ، ورغم أن هذا الهواء يمر فوق مياه البحر المتوسط فإنه يظل محتفظا فى معظم قطاعاته بالصفات القارية ، إلا فى أجزائه السفلى التى تزداد فيها نسبة بخار الماء ، ولكن هذه الزيادة لاتظهر فى الطبقات العليا منه ، لأن البحر المتوسط يكون عندئذ مركزا لضغط مرتفع يميل فيه الهواء للهبوط إلى أسفل ، ولذلك فإن هذا الهواء يكون رغم الرطوبة التى يحملها فى أجزائه السفلى ، مصحوبا بجو صحو عديم السحب بسبب جفاف الطبقات العليا منه ، وإذا ماانتقلنا إلى جنوب القارة نلاحظ أن الهواء المدارى القارى الذى يظهر هنا فى هذا الفصل (الشتاء الجنوبى) يكون أميل للبرودة كما يكون أكثر استقرارا من الهواء المدارى القارى الذى رأيناه فى الشمال .

أما الهواء المدارى البحرى فيكون فى فصل الصيف سائدا فى النطاق المحصور بين خطى عرض ٥° و ١٥° شمال خط الاستواء ، وهو يأتى من المحيط الأطلسى مع الرياح الجنوبية الغربية التى يتسع نطاق هبوبها فى هذا الفصل بسبب تزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الشمال . ونظرا

لاشتداد حرارة اليابس فإن الهواء الذى ينتقل إليه يصبح فى حالة عدم استقرار ويكون سببا فى سقوط أمطار غزيرة خصوصا على ساحل غانة ومنحدرات الجبال المواجهة لهبوب الرياح الجنوبية الغربية ، كما هى الحال على المنحدرات الجنوبية لمرتفعات غانة الغربية (فوتاجالون) والمنحدرات الغربية لجبال الكميرون .

ويلاحظ أن الهواء المدارى البحرى يظهر كذلك فى هذا الفصل (الشتاء الجنوبى) على القسم الشرقى من جنوب القارة مابين خط الاستواء وخط عرض ٣٠° جنوبا تقريباً ، ولكن نظرا لبرودة اليابس فإن هذا الهواء يكون أقرب إلى الاستقرار ، ويكون بالتالى قليل الأمطار . كما يسود هذا الهواء أيضا على السواحل الشمالية الغربية للقارة وعلى سواحلها الغربية فى القسم الواقع إلى الجنوب من خط الاستواء ، إلا أن هذا الهواء يكون كذلك من النوع المستقر الذى لايساعد على سقوط أمطار كثيرة .

الهواء القطبى : كما هى الحال فى فصل الشتاء يلاحظ أن أثر الهواء القطبى فى مناخ القارة فى فصل الصيف يقتصر على مناطق محدودة جدا منها ، ففى أقصى الجنوب يظهر نوع معدل من الهواء القطبى القارى البحرى الدافىء الذى يساعد على سقوط الأمطار ، وتحمله إلى جنوب القارة الرياح الجنوبية الغربية بعد مرورها على مسطحات مائية واسعة ، وهذا الهواء هو الذى يسبب الأمطار الشتوية فى إقليم رأس الرجاء الصالح وفى ناتال .

١٢ ـ ٢ ـ الأقسام المناخية لإفريقيا

لاتزال القارة الإفريقية محتاجة إلى مزيد من محطات الأرصاد الجوية اللازمة لجمع البيانات المختلفة التى تساعد على دراسة الأحوال المناخية فيها دراسة أكثر تفصيلا من الدراسة الحالية ، حيث أننا مازلنا نجد فى هذه القارة مساحات واسعة خالية من مثل هذه المحطات ، ومع ذلك فإننا نستطيع بناء على مالدينا من بيانات أن نقسم القارة إلى عدد من الأقاليم المناخية ، وقد سبق أن أوضحنا كيف أن الموقع الفلكى لإفريقيا قد أخرجها تماما من نطاق الأقاليم الباردة والمعتدلة الباردة ، ومعنى هذا بعبارة أخرى أن القارة تدخل كلها فى نطاق المناخ الحار والمناخ المعتدل الدافىء ، ويمكننا أن نحدد المناطق التى تدخل فى كل نطاق من هذين النطاقين كما يلى :

أولا ـ المناخ الحار وينقسم إلى خمسة أقسام كما يأتى :

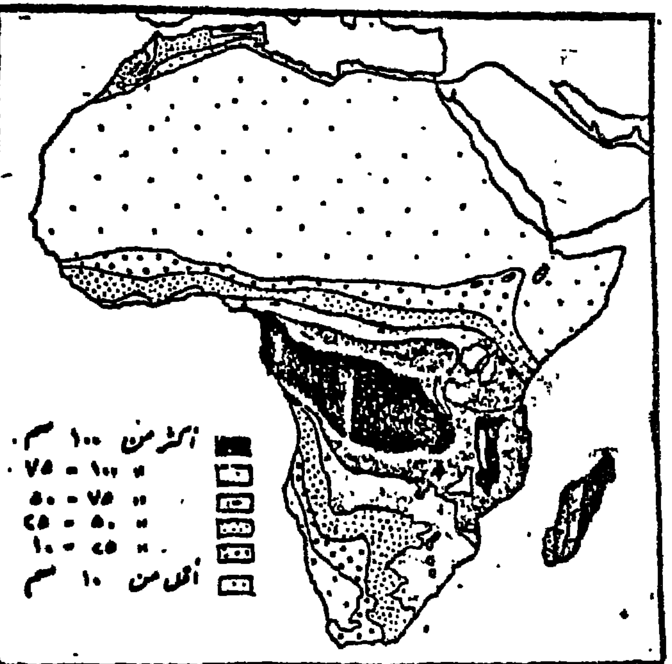
(أ) المناخ الاستوائى ، ويشمل حوض الكونغو وساحل غانة وقسما من الساحل الشرقى إلى الجنوب مباشرة من خط الاستواء .

(ب) المناخ المدارى القارى ، ويشمل نطاقا عظيما يحيط بالإقليم الاستوائى من ناحيتى الشمال والجنوب، كما يحيط به من ناحية الشرق حيث يشمل هضبة البحيرات الاستوائية .

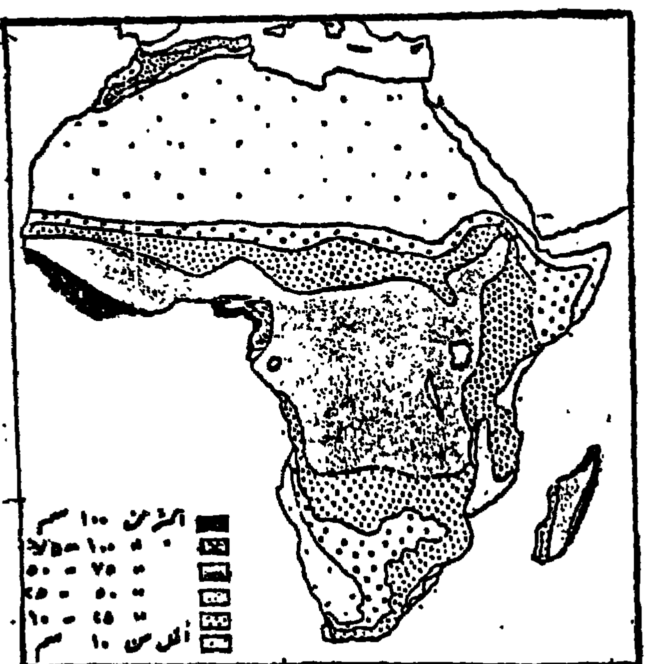
(جـ) المناخ المدارى البحرى ، ويشمل معظم الساحل الشرقى للقارة إلى الجنوب من خط الاستواء ، كما يشمل الساحل الشرقى لجزيرة مدغشقر .

(د) المناخ المدارى الموسمى ، ويشمل هضبة الحبشة .

(هـ) مناخ الصحارى الحارة ، ويشمل الصحراء الكبرى وصحراء كلهارى وصحراء ناميبيا الساحلية .



(شكل ٩٧) توزيع الأمطار فى إفريقية فى فصل الشتاء



(شكل ٩٨) توزيع الأمطار فى إفريقية فى فصل الصيف

ثانيا : المناخ المعتدل الدافىء، وينقسم إلى قسمين كما يأتى :

مناخ البحر المتوسط الذى يتمثل بصفة خاصة على طول السواحل الشمالية للقارة خصوصا فى الشمال الغربى وكذلك فى منطقة رأس الرجاء الصالح .

(ب) مناخ ناتال ، وهو يمثل المناخ المعتدل الدافىء فى شرق القارات .

١٢ ـ ٢ ـ ١ ـ الأقاليم الحارة :

أ ـ المناخ الاستوائى

حوض الكونغو : يتكون القسم الأوسط من هذا الحوض من سهل منبسط يمتد حول نهر الكنغو نفسه وحول الأجزاء الوسطى والدنيا من روافده ، ويبلغ ارتفاع هذا السهل حوالى ٣٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، وتنمو به غابات كثيفة دائمة الخضرة تتخللها فى مواضع متفرقة مناطق صغيرة يقوم فيها الوطنيون ببعض الزراعة المتنقلة ، وتحيط بهذا القسم من جميع الجهات أراض مرتفعة يزيد ارتفاعها بصفة خاصة من ناحية الشرق حيث تمتد الحافة الغربية للفرع الغربى من الوادى الانكسارى العظيم ، ويتراوح ارتفاعها مابين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ متر ، وأعلى نقطة فيها هى جبال روونزورى التى يبلغ ارتفاعها حوالى ٥١٢٠ مترا . ويتدرج الارتفاع كذلك كلما اتجهنا جنوبا حتى أنه يتراوح فى معظم النصف الجنوبى من الحوض مابين ٥٠٠ و ١٠٠٠ متر. وقد يصل فى بعض الأماكن إلى أكثر من ١٢٠٠ متر ، كما هى الحال حول مدينة إليزابيث ڤيل فى الجنوب الشرقى . والمظهر النباتى السائد فى القسم الجنوبى المرتفع نسبيا من الحوض هو السڤانا الكثيفة التى تتغطى بها فى بعض المناطق مساحات شاسعة غير منقطعة .

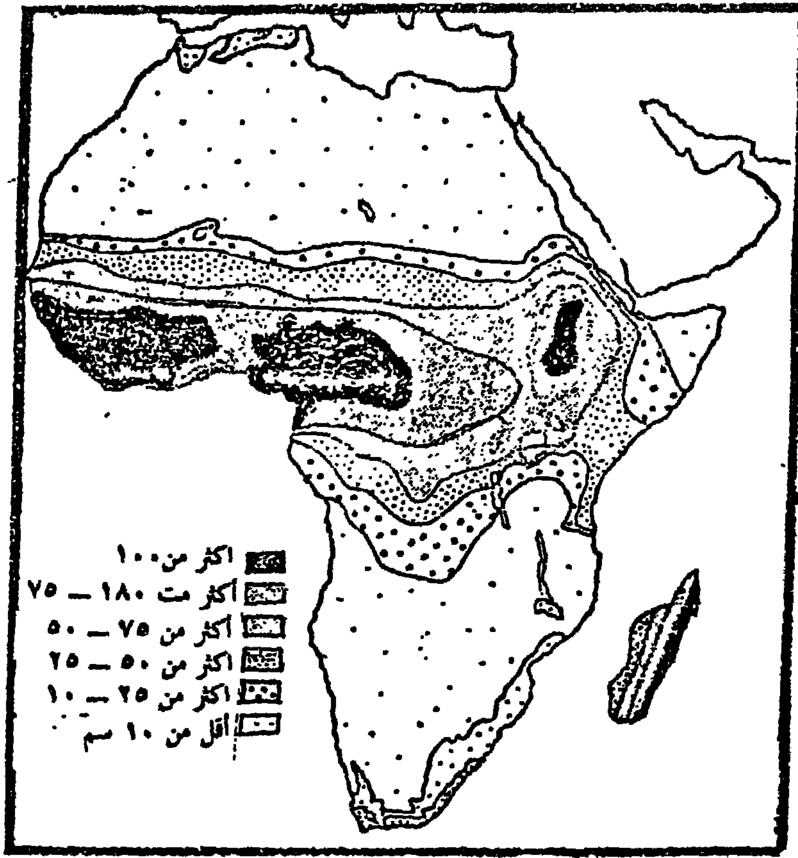
ويقطع خط الاستواء القسم الشمالى من الحوض حيث يمر بشلالات استانلى، وهذا القسم هو الذى يمثل المناخ الاستوائى الحقيقى ، وهو يمتد من شمال الحوض حتى خط عرض ٥° جنوبا ولكن نظرا لأن الارتفاع عن سطح البحر لايقل عموما عن ٣٠٠ متر فإن المناخ الاستوائى السائد هنا يكون أقل حرارة نوعاً ما من المناخ الاستوائى الذى يظهر فى المستويات القريبة من سطح

البحر ، وحيثما يزيد الارتفاع عن ذلك يختفى المناخ الاستوائى الحقيقى وتحل محله أنواع معدلة من المناخ المدارى ، وقد تظهر بعض أنواع المناخ البارد على القمم المرتفعة التى توجد على الحافة الشرقية للحوض .

ومن الطبيعى أن يكون الهواء الذى يسود فى حوض الكنغو هو الهواء المدارى خصوصا الهواء المدارى البحرى الذى يصل إليه من المحيط الأطلسى الجنوبى فى الغرب ومن المحيط الهندى فى الشرق ، أما الهواء المدارى القارى فعلى الرغم من أنه يصل كذلك إلى حوض الكنغو من المناطق الواقعة إلى الشمال منه إلا أن ذلك مقصور على بعض أشهر فصل الشتاء (يناير) حيث يصل بعض هذا الهواء إلى القسم الشمالى والأوسط من الحوض ، وفى نفس هذا الفصل يتأثر مناخ القسم الجنوبى الغربى من حوض الكنغو بتيارات مماثلة تصل إليه من المحيط الهندى ، وهذا الهواء المدارى الرطب، سواء منه مايصل من المحيط الأطلسى أو مايصل من المحيط الهندى، هو المصدر الذى يغذى الأمطار التى تسقط على حوض الكنغو فى هذا الفصل (الشتاء الشمالى) .

أما فى فصل الصيف فيختفى الهواء المدارى القارى من حوض الكنغو تماما ، ويحل محله الهواء المدارى البحرى خصوصا الهواء الذى يأتى من المحيط الأطلسى وذلك لأن اشتداد عمق الضغط المنخفض الذى يتكون على الصحراء الكبرى فى هذا الفصل يساعد على اجتذاب الرياح الجنوبية الغربية التى تهب من ناحية هذا المحيط وعلى زيادة سرعتها نسبيا . والهواء الرطب الذى تحمله هذه الرياح هو المصدر الذى تأتى منه الأمطار التى تسقط فى الفترة من إبريل إلى أكتوبر (الصيف الشمالى) .

ويلاحظ عموما أن الرياح السائدة على حوض الكنغو أغلبها رياح خفيفة كما أن فترات سكون الهواء كثيرة جدا ، ومع كل هذا فإن الإقليم يتعرض فى فصلى الربيع والخريف ، وهما فصلا تعامد الشمس على خط الاستواء لظهور عواصف شديدة تشتهر باسم الترنادو ، وهى من نفس نوع عواصف الترنادو



(شكل ٩٩) النباتات الطبيعية فى إفريقية

التى تظهر على ساحل غانة ، ويشتد هبوب الرياح عند ظهورها ، وقد تصل سرعتها إلى ٧٥ كيلومترا فى الساعة أو أكثر ، وهى تظهر غالبا بعد منتصف النهار أى فى أشد الساعات حرارة ، وهى تتحرك بعد نشأتها عموما من الشرق إلى الغرب .

وإذا نظرنا إلى إحصائيات المطر نجد أن حوض الكنغو على الرغم من وقوعه حول خط الاستواء فإنه أقل مطرا من حوض الأمزون المقابل له فى أمريكا الجنوبية ، وذلك لأن معظم الرطوبة التى يحملها هواء المحيط المندى تسقط أمطارها على الحافات الشرقية للهضاب التى تقف فى طريقها قبل وصولها إلى

حوض الكنغو ، ويبلغ معدل الأمطار التى تسقط على معظم أجزاء الحوض حوالى ١٣٥ سنتميتراً فى السنة مقابل ١٧٥ إلى ٢٠٠ سنتيمترا فى حوض الأمزون، وهى مع ذلك تكفى لأن تجعل نهر الكنغو يأتى فى المرتبة الثانية من بين أنهار العالم بعد نهر الأمزون من حيث كمية المياه التى يحملها(١) . ولقد كان من نتائج موقع حوض الكنغو حول خط الاستواء أن أصبح موسم زيادة الأمطار فى القسم الشمالى منه مختلفا عن موسم زيادتها فى قسمه الجنوبى ، وقد ترتب على هذه الظاهرة أن أصبح لهذا النهر موسمان للفيضان ، أحدهما فى شهر مايو (فى القسم الشمالى) والثانى فى شهر ديسمبر (فى القسم الجنوبى) ، ولهذا فإن مستوى المياه فيه لايهبط فى أى شهر من الشهور إلى درجة تعوق الملاحة

جدول رقم (٣٥)
معدلات الحرارة والأمطار فى محطتى كينشاسا واليزابث فيل وارتفاع الأولى ٣٢٥ مترا عن سطح البحر ، وارتفاع الثانية ١٢٣٠ مترا

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)(٢)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
١ ـ	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٦	٢٤	٢٣	٢٣	٢٥	٢٦	٢٦	٢٦	٤
٢ ـ	٢٢	٢٢	٢١	٢١	١٨	١٦	١٦	١٨	٢٢	٢٤	٢٣	٢٢	٨

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
١ ـ	١٣	١٤	٢٠	٢٠	١٦	١	—	—	٣	١٢	٢٢	١٤	١٣٥
٢ ـ	٢٣	٢٤	٢٢	٤	١	—	—	—	—	٣	١٢	٢٦	١١٥

(١) A., Austin Miller, op. cit 109

(٢) . Kendrew, "Climates of the Continents, p. 136-

ساحل غانة : على الرغم من أن المناخ السائد على هذا الساحل ينتمى فى جملته إلى النوع الاستوائى ، فإن له طابعا موسميا خاصا ، حيث أن الساحل يتعرض طول السنة لهبوب الرياح الجنوبية الغربية التى كانت فى الأصل تجارية جنوبية شرقية ثم انحرفت بعد عبورها لخط الاستواء ، وهى ظاهرة مستمرة طول السنة بسبب اتساع القارة الإفريقية اتساعا واضحا إلى الشمال مباشرة من ساحل غانة ، فقد ترتب على هذا الاتساع أن أصبح القسم الجنوبى من الصحراء الكبرى والأراضى الواقعة إلى الشمال من ساحل غانة مرتفعة الحرارة ، حتى فى فصل الشتاء بالنسبة للمحيط الأطلسى ، وكانت نتيجة ذلك أن ظل مركز الضغط المنخفض واقعا طول السنة إلى الشمال من ساحل غانة ، ولو أنه يتزحزح شمالا فى يوليو حتى يقع بين خطى عرض ١٠° و ١٥° شمالا ، ثم يعود فيتزحزح جنوبا فى يناير حتى يقع على امتداد الساحل نفسه ، وليس من شك فى أن هبوب الرياح الجنوبية الغربية على ساحل غانة طول السنة قد زاد من قسوة الأحوال المناخية على هذا الساحل الذى اجتمعت فيه الحرارة الشديدة مع الرطوبة المرتفعة ، حتى أنه كان يشتهر لهذا السبب باسم « مقبرة الرجل الأبيض » ولايكاد الأثر الملطف الذى تأتى به الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة يصل إلى الساحل إلا فى فترات قليلة عندما تهب رياح الهارمتان المعروفة . وينطبق هذا عموما على كل النطاق الواقع إلى الجنوب من خط عرض مدينة فرى تاون فى سيراليون ، أما إلى الشمال من هذا الخط فإن أثر الرياح التجارية الشمالية الشرقية فى تلطيف المناخ يكون واضحا نسبيا .

وتسقط الأمطار على ساحل غانة طول السنة بسبب التيارات الصاعدة من ناحية وهبوب الرياح الجنوبية الغربية الممطرة من ناحية أخرى ، إلا أن كمية المطر تختلف من مكان إلى آخر على طول الساحل على حسب الظروف المحلية فبينما يصل المعدل السنوى فى فرى تاوى إلى ٤٣٨ سنتيمترا ، وفى كوناكرى إلى ١٧٥ سنتيمتراً ، بسبب وجود مرتفعات فوتا جالون قرب الساحل ، كما يصل إلى ٩٠٠ سنتيمتر على المنحدرات الغربية لجبال الكمرون التى يصل ارتفاعها

جدول رقم (٣٦)
معدلات الحرارة والمطر فى بعض بلاد ساحل غانة

(أ) الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
فريتون	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٧	٣
أكرا	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٧	٤
لاجوس	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٨	٢٦	٢٦	٢٦	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢

(ب) معدلات المطر (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
فريتون	١	١	٣	٩	٢٧	٥١	٨٨	٨٩	٧٠	٣٠	١٤	٣	٢٨٦
أكرا	٢	٣	٥	٩	١٣	٨	٤	٢	٣	٦	٣	٢	٦٠
لاجوس	٣	٦	٩	١٤	٢٧	٤٨	٢٧	٧	١٣	٢٠	٧	٢	١٨٣

إلى حوالى ٤٠٠٠ متر فوق سطح البحر ، فإنه ينخفض إلى الشرق من رأس النقط الثلاث Cape Three points فى جنوب غانة إلى أقل من ٩٠ سنتيمترا، بل إلى أقل من ٦٥ سنتيمترا فى بعض المواضع ، كما هى الحال فى أكرا التى يبلغ معدلها ٦٠ سنتيمترا ، وفى كريستيان بورج ومعدلها ٥٣ سنتيمترا وفى كويتا ومعدلها ٥٤ سنتيمترا ، ولكن يلاحظ أن هذا النقص فى كمية المطر مقصور على شريط ساحلى ضيق ثم لاتلبث الأمطار أن تزيد عن ذلك زيادة واضحة فى المناطق التى تلى ذلك من الداخل، ففى بلدة أبورى Aburi التى تقع إلى الشمال من أكرا بنحو ٤٥ كيلومترا يرتفع المعدل إلى ١٤٥ سنتيمترا ، وفى خوماسى التى تبعد فى الداخل أكثر من ذلك بنحو ١٥٠ كيلومترا يصل المعدل إلى ١٤٥ سنتيمترا . وليس هناك فى الوقت الحاضر تفسير واضح لنقص الأمطار بهذا الشكل فى الشريط الساحلى المذكور ، ومع ذلك فمن الممكن أن نرجعه إلى عاملين هما :

١ — أن اتجاه الساحل يجعل الرياح الجنوبية الغربية تهب موازية له تقريبا .

٢ — أن تيار غانة يعمل عند تحركه نحو الغرب على إزاحة الطبقة السطحية

الدافئة من المياه الساحلية فيكشف بذلك المياه الباردة نسبيا ، وهذا يقلل من كمية بخار الماء التى تستطيع الرياح الجنوبية الغربية أن تحملها معها .

ب ـــ المناخ المدارى القارى :

يوجد هذا المناخ فى قلب القارة الإفريقية إلى الشمال وإلى الجنوب مباشرة من المناخ الاستوائى ، وهو يضم نطاق السودان فى الشمال وقسما كبيرا من هضبة إفريقية الجنوبية فى الجنوب ، ويحدث الانتقال بين هذا المناخ وبين المناخ الاستوائى من جهة ، وبينه وبين المناخ الصحراوى من جهة أخرى تدريجيا بصفة عامة .

والمناخ المدارى القارى هو الذى يشتهر باسم مناخ السفانا ، وأهم مايميزه هو وجود فصل ممطر فى الصيف وفصل جاف فى الشتاء.ويتزايد طول هذا الفصل الأخير كلما ابتعدنا عن خط الاستواء حتى نصل إلى المناخ الصحراوى . والأمطار التى تسقط فى هذا الإقليم لاتختلف فى نوعها عن أمطار المناخ الاستوائى،فهى تسقط بسبب التيارات الصاعدة التى تصاحب الضغط المنخفض الاستوائى ، وهو الضغط الذى يتزحزح نحو الشمال فى فصل الصيف ونحو الجنوب فى فصل الشتاء وهذه الزحزحة هى المسئولة عن التوزيع الفصلى للأمطار فى مناخ السفانا ، ولكن يلاحظ أن كمية المطر تختلف من مكان إلى آخر على حسب نظام التضاريس أولا ، وعلى حسب البعد عن خط الاستواء ثانيا .

ويبين الجدول رقم (٣٧) معدلات درجة الحرارة والأمطار فى بعض المحطات التى تقع فى الإقليم المدارى القارى وهى : داكار وكانو والخرطوم ولواندا (أنجولا) .

جدول رقم (٣٧)
معدلات الحرارة والأمطار
فى بعض محطات المناخ المدارى القارى فى إفريقية

(أ) درجة الحرارة (بالدرجات المئوية)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى
داكار	٢٣	٢٣	٢٣	٢٣	٢٤	٢٧	٢٨	٢٧	٢٨	٢٨،	٢٧	٢٤	٠٥
كانو	٢٢	٢٤	٢٨	٣٢	٣١	٢٨	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٣	٩٠
لوندا	٢٦	٢٧	٢٧	٢٦	٢٥	٢٢	٢١	٢٠	٢٢	٢٤	٢٥	٢٤	٧

(ب) الأمطار (بالسنتيمترات)

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
داكار	—	—	—	—	—	٣	٩	٢٦	١٤	٤	١	—	٥٧
كانو	—	—	—	١	٦	١٢	٢٢	٣٢	١٥	٢	—	—	٩٠
لواندا	٣	٤	٨	١٢	١	—	—	—	—	١	٢	٢	٣٣

ج ــ المناخ المدارى البحرى :

يتمثل هذا المناخ فى المناطق الساحلية الشرقية فى كينيا وتنجانيقا وموزمبيق وهو يختلف عن المناخ المدارى القارى فى أن أمطاره تسقط طول السنة ، وأنها لاتسقط بسبب التيارات الهوائية الصاعدة وحدها ، إذ أن الرياح التجارية الجنوبية الشرقية المحملة بالرطوبة تهب على هذه السواحل من المحيط الهندى طول السنة وتسبب سقوط أغلب الأمطار ، ولكن يلاحظ إلى جانب ذلك أن نسبة كبيرة من الأمطار التى تسقط صيفا على القسم الشمالى من هذه السواحل سببها هو نشاط التيارات الهوائية الصاعدة التى تنشط عندما يتزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى جنوبا فى فصل الصيف (الجنوبى) .

أما درجة الحرارة فمرتفعة طول السنة ، ولاتختلف كثيرا عن درجة الحرارة فى النطاق الاستوائى من حيث ارتفاعها وعدم وجود فرق كبير بين حرارة الصيف والشتاء،وهذا يختلف عما نلاحظه فى المناخ المدارى القارى . والحياة النباتية فى هذا المناخ تتكون فى جملتها من غابات كثيفة لاتختلف كثيرا عن الغابات الاستوائية المطيرة .

المناخ المدارى الصحراوى :

يتمثل هذا المناخ فى الصحراء الكبرى التى تشغل معظم شمال القارة مابين مناطق السفانا فى الجنوب وساحل البحر المتوسط فى الشمال، كما يتمثل فى جنوب القارة حيث توجد صحراء كلهارى وصحراءناميبيا الساحلية، وأهم مايميزه هو ارتفاع درجة الحرارة بصفة عامة خصوصا أثناء النهار فى فصل الصيف حيث تصل أحيانا إلى ٤٩° مئوية أو أكثر ، والمدى اليومى والفصلى لدرجة الحرارة أعظم فى هذا المناخ منه فى أى نوع مناخى آخر ، أما الأمطار فهى معدومة أو نادرة إلا فى بعض الأماكن القليلة التى يرتفع فيها سطح الأرض ، كما هى الحال فى منطقة هضبة الهوجار ، ففى هذه المناطق تسقط بعض الأمطار التى تساعد على ظهور عدد من الواحات ، والرياح السائدة على الصحراء الكبرى فى معظم أيام السنة هى الرياح التجارية الشمالية الشرقية ، وهى شديدة الجفاف لمرورها على مساحات واسعة من اليابس ولهبوبها نحو مناطق أشد حرارة بصفة عامة من المناطق التى تهب منها ، ومع ذلك فإن هذه الرياح تسقط بعض الأمطار إذا صادفت أرضا مرتفعة ، كما يحدث على هضبة الهوجار وتيبستى،ويلاحظ أن السواحل الغربية للصحراء الكبرى أقل حرارة من بقية الصحراء لأنها تتأثر بتيار الكناريا البارد ، كما يكثر الضباب بالقرب من هذه السواحل بسبب مرور الهواء على المياه الباردة ، ومثل هذا يمكن أن يقال كذلك على صحراء ناميبيا التى يمر بجوارها تيار بنجويلا البارد ، ويلاحظ أن صحراء كلهارى وصحراءناميبيا أقل جفافاً بصفة عامة من الصحراء الكبرى ، ويرجع ذلك إلى ضيق القارة وارتفاع مستوى سطحها عنه فى الشمال ، والحياة النباتية فى الصحراء فقيرة جداً،وإن وجدت فإنها تكون عبارة عن نباتات شوكية من الأنواع التى تتحمل الجفاف،ولكنها تكثر نوعا ما فى الواحات وفى المناطق الانتقالية بين الصحراء والسفانا .

١٢ ـ ٢ ـ ٢ ـ المناخ المعتدل الدافى :

أ ـ مناخ البحر المتوسط :

أهم مايميز هذا المناخ هو سقوط معظم الأمطار أو كلها فى نصف السنة الشتوى ، وهو يتمثل فى شمال القارة فى شريط ضيق يمتد على طول ساحل البحر المتوسط ، ويزداد اتساع هذا الشريط عموما كلما اتجهنا غربا ، كما أن تضاريس الشريط الساحلى وشكل الساحل نفسه لهما كذلك دخل فى تحديد اتساع المنطقة التى تدخل فى هذا المناخ ، وسبب أمطار البحر المتوسط هى الرياح الغربية والمنخفضات الجوية التى تكثر فى نطاقها، وتظهر هذه المنخفضات بكثرة فى الشتاء ، كما تظهر كذلك فى الربيع والخريف . ويتراوح المعدل السنوى للأمطار فى هذا النوع من المناخ بين ٤٥ و ٨٦ سنتيمترا ، وهى تتناقص كلما اتجهنا شرقاً ، فبينما تبلغ فى مدينة الجزائر ٧٥ سنتيمترا فى السنة نجد أنها تبلغ ٢٠ سنتيمترا فى الاسكندرية و ٧ سنتيمترات فى بورسعيد وعلى الرغم من قلة أمطار الساحل الشمالى لمصر بهذا الشكل ، فإننا يمكن أن نعتبره مع التجاوز داخلا فى هذا النوع من المناخ ، ولو أنه فى الحقيقة يمثل مرحلة انتقالية بين المناخ الصحراوى ومناخ البحر المتوسط، وأكثر المناطق أمطارا فى شمال إفريقية هى منطقة جبال أطلس بسبب ارتفاعها من جهة ولأن معظم الأمطار تأتى من الغرب من جهة أخرى .

ويتمثل مناخ البحر المتوسط فضلا عن ذلك فى منطقة الكاب بأقصى جنوب القارة حيث تسقط بعض الأمطار شتاء نتيجة لتزحزح نطاقات الضغط الجوى نحو الشمال مما يؤدى إلى دخول هذه المنطقة فى نطاق الرياح الغربية ، ويبلغ معدل الأمطار فى كيب تون حوالى ٧٥ سنتيمترا فى السنة .

والحياة النباتية التى تنمو فى مناخ البحر المتوسط تتكون فى جملتها من أشجار يمكنها أن تتحمل جفاف فصل الصيف ، ومنها بعض الأشجار ذات الجذور الطويلة التى تستطيع الاستفادة بالمياه الباطنية مثل أشجار الزيتون

واللوز والكروم . وعلى منحدرات جبال أطلس تنمو أشجار الصنوبر والبلوط ، وتزرع فى هذا المناخ كذلك كثير من نباتات المنطقة المعتدلة مثل القمح والشعير .

وإلى جانب الأنواع المناخية السابقة ، وهى التى تتكرر حول خط الاستواء فى النصفين الشمالى والجنوبى للقارة توجد بعض الأنواع المناخية الأخرى التى تظهر نتيجة للظروف الخاصة بالموقع والتضاريس وهى :

ب ــ مناخ ناتال :

وهو يمثل المناخ المعتدل الدافىء فى شرق القارة وأهم مايميزه عن مناخ البحر المتوسط أن أمطاره تسقط طول السنة ، فهى تسقط فى فصل الشتاء الجنوبى (يوليو) بسبب المنخفضات الجوية التى تصل إليه من الغرب ، وهى إما أن تتكون على القارة نفسها أو تصل إليها من المحيط الأطلسى ، أما فى فصل الصيف (ديسمبر) فتدخل منطقة ناتال فى نطاق الرياح التجارية التى تهب عليها من المحيط الهندى وتسبب سقوط أمطار غزيرة على الساحل وعلى منحدرات الجبال .

أما درجة الحرارة فهى معتدلة طول السنة حتى فى فصل الصيف لأن الرياح التى تهب من المحيط تساعد على تلطيف درجة الحرارة . ونظرا لأن تيار موزمبيق الحار يمتد أثره إلى الطرف الجنوبى الشرقى للقارة الإفريقية ، فان هذا الأثر يبدو واضحا على مناخ ساحل ناتال ، خصوصا فى فصل الشتاء حيث يساعد على رفع درجة الحرارة .

ج ــ المناخ المعتدل القارى :

وهذا النوع هو الذى يعرف كذلك باسم مناخ الاستبس وهو يتمثل بصفة خاصة فى إقليم الفلد ، وتسقط معظم أمطاره فى فصل الصيف عندما تتوغل الرياح التجارية فى الداخل ، وهذا المناخ معتدل من حيث درجة الحرارة بسبب ارتفاع الهضبة ، والحياة النباتية فى جملتها عبارة عن حشائش من نوع

الاستبس ، وهى التى تشتهر باسم « القلد » وتربى عليها قطعان كبيرة من الماشية والأغنام ، وقد قامت زراعة بعض الحبوب والفاكهة فى الأماكن التى تكفى أمطارها لهذه الزراعه.

د ـ المناخ المعتدل الدافىء الموسمى :

ويوجد بصفة خاصة فى هضبة الحبشة ، التى تسقط عليها الأمطار فى الصيف بسبب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية من ناحية خط الاستواء ، وهذه الأمطار هى المصدر الذى يستمد منه نهر النيل مياه الفيضان . ونظراً لارتفاع الهضبة فإنها تكون أقل حرارة من المناطق التى حولها ، والحياة النباتية معظمها عبارة عن غابات موسمية تسقط أوراقها فى الشتاء وهو فصل انقطاع الأمطار .

١٣

مناخ العالم العربى

١٣ ــ ١ ــ موقع العالم العربى وآثاره المناخية .

١٣ ــ ٢ ــ الآثار التضاريسية على مناخ العالم العربى .

١٣ ــ ٣ ــ الضغوط الجوية الرئيسية المؤثرة على مناخ العالم العربى فى الصيف والشتاء .

١٣ ــ ٤ ــ الدورات الهوائية المترتبة على الضغوط الجوية .

١٣ ــ ٥ ــ الرياح المحلية والزوابع الترابية .

١٣ ــ ٦ ــ أنواع الهواء (الكتل الهوائية) .

١٣ ــ ٧ ــ الأحوال الحرارية .

١٣ ــ ٨ ــ الأمطار .

١٣ ــ ٩ ــ الأقسام المناخية للعالم العربى حسب تقسيم كوبن .

١٣

مناخ العالم العربى

١٣ ـ ١ ـ موقع العالم العربى وآثاره المناخية :

يقع العالم العربى فى جملته فى العروض المدارية والمعتدلة الدافئة ، حيث أن بعض أطرافه الجنوبية تقترب من خط الاستواء ، بل إنها تصل فى أحد المواضع ، وهو الطرف الجنوبى للصومال إلى خط عرض ٣° جنوبا ، ولهذا فباستثناء الجبال المرتفعة ، فإن الصفة المناخية السائدة فى كل العالم العربى هى شدة الحرارة فى الصيف واعتدالها فى الشتاء .

ويمتد هذا العالم بشكل نطاق عظيم وسط أكبر تجمع قارى فى العالم ، ولهذا فإن الصفة القارية هى الصفة المناخية السائدة فيه ، وذلك على الرغم من أن له سواحل ممتدة لبضعة آلاف من الكيلومترات على المحيطين الأطلسى والهندى وعلى البحرين الأحمر والمتوسط وعلى الخليج العربى ، لأن تأثير هذه المسطحات على مناخه لايتوغل كثيرا فى الداخل إلا فى مناطق محدودة ، بينما ينحصر فى أغلبها فى أشرطة ضيقة يتوقف اتساعها على طبيعة المسطح المائى نفسه وعلى تضاريس الساحل واتجاه الرياح السائدة . فالبحر الأحمر مثلا تأثيره محدود بسبب ضيقه وإحاطة الجبال والصحارى به من الشرق والغرب ، وارتفاع درجة حرارة مياهه ، وهبوب الرياح السائدة عليه من الاتجاهات الشمالية ، أما البحر المتوسط فتأثيره أكبر من تأثير البحر الأحمر لعدة أسباب منها أنه أكبر اتساعا وامتدادا ، وأن مياهه أقل حرارة بصفة عامة ، وأن الرياح السائدة عليه تهب من الاتجاهات الشمالية والغربية وتصل إلى بعض المناطق الساحلية بعد أن تكون قد قطعت رحلة طويلة فوق مياهه ، ويكون اتجاهها متعامدا تقريبا على امتداد بعض هذه السواحل ، كما أن هذا البحر له تأثير قوى على الضغط الجوى

وعلى النشاط الإعصارى الذى يؤدى إلى حدوث معظم الاضطرابات الجوية وسقوط معظم الأمطار فى البلاد المحيطة به . وسنعود لمعالجة هذا الموضوع عند الكلام على الضغط الجوى والدورات الهوائية .

ويلاحظ أن تأثير المحيط الهندى على مناخ العالم العربى لايتناسب مع حجمه أو موقعه ، إذ أن تأثيره ينحصر عموما فى زيادة رطوبة الهواء على السواحل المجاورة له وفى تزويد المناطق الجنوبية والشرقية من شبه الجزيرة العربية بالهواء المدارى البحرى الرطب الذى يؤدى إلى سقوط الأمطار إذا ماتهيأت الظروف اللازمة لرفعه إلى أعلى وهو مايحدث عادة عند مرور المنخفضات الجوية أو حدوث عواصف الرعد .

أما المحيط الأطلسى فتأثيره فى مناخ البلاد العربية أكبر بكثير من تأثير المحيط الهندى لأن القسم الاستوائى منه ، وهو القسم الذى يشمل خليج غانه ، هو مصدر الهواء المدارى البحرى الذى يحمل معظم أمطار السودان والحبشة والقرن الإفريقى ومرتفعات اليمن وجنوب المملكة العربية السعودية ، كما أن قسمه الممتد بجوار غربى إفريقيا وجنوب غربى أوروبا هو مصدر الهواء الرطب الذى يحمل معظم الأمطار التى تسقط على المغرب العربى .

وعلى العموم فإن الآثار البحرية التى تنتج من وجود المسطحات المائية التى ذكرناها لاتكفى لتغيير الحقيقة الخاصة بقارية المناخ فى معظم أجزاء العالم العربى ، حيث أن المناطق التى تظهر فى مناخها الصفات البحرية الكاملة وأهمها انخفاض المدى الحرارى وارتفاع رطوبة الهواء وكثرة السحب والضباب والأمطار أغلبها عبارة عن أشرطة ساحلية متباينة الاتساع فى سوريا ولبنان وشمالى فلسطين وبرقة والمغرب العربى ، وفيما عدا ذلك فإن كثيرا من المناطق الساحلية لايظهر فيها من صفات المناخ البحرى إلا ارتفاع نسبة الرطوبة فى الهواء وانخفاض المدى الحرارى وخصوصا المدى الحرارى اليومى . وفى كثير من هذه المناطق تمتد الصحارى حتى تصل إلى شاطىء البحر مباشرة ، ولكن

نظرا لوجود بعض المظاهر البحرية فى مناخ هذه الصحارى فإنها توضع عادة ضمن نوع مناخى صحراوى خاص هو « المناخ الصحراوى الساحلى أو البحرى » . وينطبق هذا على معظم المناطق الساحلية فى شبه الجزيرة العربية ، وفى شمالى مصر وليبيا وفى غربى المملكة المغربية .

وبالإضافة إلى أن قارية المناخ فى معظم أجزاء العالم العربى ترجع إلى موقعه الجغرافى فى وسط أكبر كتلة قارية فى العالم فإن موقعه بالنسبة لنطاقات الضغط الجوى الدائمة وللدورة الهوائية العامة التى ترتبط بها يعتبر هو الآخر سببا من أسباب جفافه وانتشار الصحارى فيه . حيث أن أغلبه يقع فى نطاق الضغط المرتفع وراء مدار السرطان ، وهنا يكون الهواء دائما ميالا للهبوط فلا يتيح الفرصة لارتفاع الهواء وتشكيل السحب الممطرة ، كما أن الرياح السائدة على العالم العربى هى الرياح التجارية التى تهب من الاتجاهات الشمالية والتى تكون عادة جافة بسبب قدومها من اليابس .

١٣ ــ ٢ ــ الآثار التضاريسية على مناخ العالم العربى :

تلعب التضاريس دورا رئيسيا فى تنوع المناخ . وهو دور يسهل إدراكه من مقارنة الأنواع المناخية على الجوانب المتقابلة للجبال . ومن مقارنة مناخ الوديان والسهول بمناخ المرتفعات المجاورة لها . ويظهر تأثير هذا العامل واضحا فى كل العناصر المناخية ، ولكنه يبدو واضحا بصفة خاصة بالنسبة لعنصرى الحرارة والأمطار ، فبالنسبة للحرارة يساعد الارتفاع عن سطح البحر على خلق أنواع مناخية معتدلة أو باردة نسبيا فى وسط المناطق السهلية الحارة أو الدافئة ، كما أنه قد يؤدى كذلك إلى رفع درجة حرارة الوديان والسهول الواقعة فى حضن الجبال بسبب هبوط الهواء نحوها من الجبال وارتفاع درجة حرارته بسبب انضغاطه كما يحدث فى ظاهرة « الفهن Fohn »[1] . وهى ظاهرة

---

(١) هذه الظاهرة منسوبة إلى « رياح الفهن » وهى رياح محلية دافئة تهب على منحدرات الجبال فى سويسرة وتكتسب كثيرا من حرارتها من انضغاطها عند هبوطها من أعلى الجبال إلى الوديان المجاورة .

يمكن ملاحظتها فى جبال لبنان وجبال أطلس وجبال شمالى ليبيا ، عندما تضطر الرياح لعبورها والانحدار على جوانبها نحو الوديان والسهول المجاورة .

وتلعب التضاريس دورا رئيسيا كذلك فى توزيع الأمطار التى يسقط أغلبها على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح الرطبة ، بينما تقل أو تنعدم على المنحدرات والمناطق التى تقع فى الجانب الآخر أى فى « ظل المطر » . ولهذا فإن السلاسل الجبلية تعتبر من أهم الحواجز المناخية ، وتظهر أهميتها بصفة خاصة فى المناطق التى تمتد جبالها موازية للساحل ، والتى تهب رياحها السائدة من ناحية البحر فى مواجهة الجبال . كما هى الحال على المنحدرات البحرية لجبال أطلس وجبال برقة وجبال لبنان ، وهى تعتبر من أكثر أجزاء البلاد العربية مطرا . وتوجد فى العالم العربى كذلك بعض المناطق الجبلية البعيدة عن البحر المتوسط ، ومن أهمها الجبال الممتدة على جانبى البحر الأحمر ومرتفعات اليمن وعمان وشمالى العراق وجنوبى السودان وغربيه . ولكل منها ظروفها الخاصة ومناخها الخاص الذى يميزها عن المناطق المنخفضة التى حولها .

١٣ — ٣ الضغوط الجوية الرئيسية المؤثرة على مناخ العالم العربى

إن الضغط الجوى ومايطرأ عليه من تغيرات فصلية أو شهرية أو خلال فترات أطول من ذلك أو أقصر هو فى الواقع العامل الأساسى الذى يتحكم فى الدورات الهوائية ومايصاحبها من مظاهر جوية مختلفة . ولهذا فلابد لنا من تحديد أهم مناطق الضغط الجوى التى لها أدوار مهمة فى مناخ العالم العربى ومايطرأ عليها من تغير على مدار السنة ، تبعا لتغير الأحوال الحرارية التى تترتب على حركة الشمس الظاهرية من جهة وعلى توزيع الماء واليابس من جهة أخرى .

ففى فصل الصيف (يوليو) تكون أهم الضغوط المؤثرة فى مناخ العالم العربى كما يأتى :

١ ــ الضغط المنخفض الاستوائى ، الذى يترحزح نحو الشمال ليغطى كل شمالى إفريقيا وغربى آسيا وجنوبيها ، ويكون له مركزان رئيسيان أحدهما على شمالى السودان ويعرف باسم « منخفض السودان الموسمى » والثانى على باكستان وشمال غربى الهند ، ويعرف باسم « منخفض الهند الموسمى » . ويلعب هذان المركزان أدوارا هامة فى الأحوال الجوية والمناخية فى كل البلاد العربية تقريبا ، وخصوصا فى المشرق العربى وحوض النيل والصومال .

ويلاحظ أن تزحزح الضغط المنخفض الاستوائى (وغيره من نطاقات الضغط العامة) نحو الشمال فى هذا الفصل يترتب عليه انتقال الجبهة بين المدارية (أو الاستوائية) ITCZ* فى نفس الاتجاه حتى أنها تكون فى منتصف الفصل تقريبا ممتدة مع دائرة العرض ١٥° شمالا تقريبا ، ويتبع ذلك حدوث تعديلات جوهرية فى الدورة الهوائية العامة ، حيث تندفع الرياح التجارية القادمة من جنوبى خط الاستواء نحو الشمال وتتحول إلى جنوبية غربية على شمالى المحيط الهندى والبحر العربى والقرن الإفريقى ونطاق السودان ، بل إن بعضها قد يواصل اندفاعه شمالا إلى جنوبى شبه الجزيرة العربية وجنوبى الصحراء الكبرى .

٢ ــ الضغط المنخفض الموسمى الذى يتكون على أواسط آسيا بسبب ارتفاع درجة الحرارة . وهو يلتقى بالضغط المنخفض الاستوائى الذى سبق ذكره ويتكون منهما أعظم نطاق للضغط المنخفض على سطح الكرة الأرضية . وهو الذى يتحكم فى مناخ كل النصف الشمالى من العالم القديم فى هذا الفصل ، وتتكون فى نطاقه سلسلة من الجبهات القطبية والمدارية التى تندفع نحوها الرياح من الاتجاهات المختلفة .

٣ ــ الضغط المرتفع وراء مدار السرطان (الآزورى) الذى يتزحزح فى هذا الفصل نحو الشمال ، ويختفى من فوق آسيا وجنوبى أوروبا وشمالى

* اختصار عبارة Inter Tropical Convergence Zone

إفريقيا ، بينما يبقى متمركزاً على المحيط الأطلسي حول جزر أزورس . ويمتد منه على الرغم من ذلك ذراع طويل فوق البحر المتوسط والأطراف الشمالية من إفريقية والأطراف الغربية من آسيا .

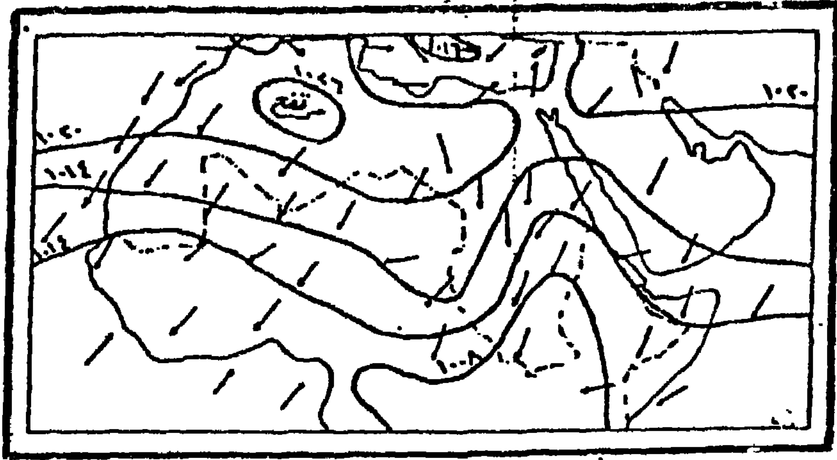
ويحدث التحول من الضغط المنخفض الشتوى على البحر المتوسط إلى الضغط المرتفع الصيفى فوقه تدريجيا ، ففى أواسط أبريل يكون قد تكون لسان من الضغط الجوى المرتفع على أراضى البحر المتوسط الإفريقية ، بينما يظل الضغط منخفضا على البحر نفسه حتى أواسط شهر مايو ، ثم يأخذ فى الاختفاء خلال الأيام العشرة الأخيرة منه ليحل محله ضغط مرتفع ممتد من الضغط المرتفع الذى سبق تكونه على شمالى إفريقيا . إلا أن الضغط المرتفع الآزورى لايتمكن من السيطرة تماما على كل حوض البحر المتوسط إلا بعد ٢٥ يونيو . وقد كان لهذا التأخر آثار مناخية مهمه ، حيث أن شهر يونيو يكون فى معدل حرارته أقرب إلى أشهر الربيع منه إلى أشهر الصيف وأن الجفاف الصيفى الحقيقى لايبدأ فى هذا الشهر بل يتأخر حتى أوائل شهر يوليو .(١)

ء — الضغط المرتفع وراء مدار الجدى ، وهو يتزحزح شمالا فى هذا الفصل بحيث يمتد بين خطى عرض ٢٥° و ٣٠° جنوبا على الماء واليابس . ويلاحظ أن هذا الفصل يكون شتاء فى الجنوب ، ولكن نظرا لصغر مساحة اليابس بالنسبة للماء فإن نطاق الضغط المرتفع يمتد عليهما بشكل نطاق متصل ولكنه يكون أعلى نسبيا على استراليا وجنوبى إفريقيا حيث تكون البرودة أشد منها على المحيطات .

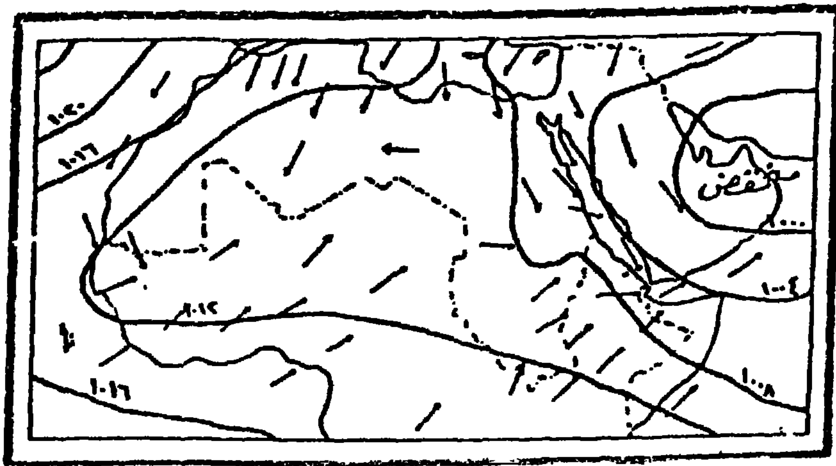
ومن هذا النطاق تهب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية التى تعبر خط الاستواء لتتحول إلى جنوبية غربية . وتصل فى هبوبها إلى شمالى السودان والصومال وجنوبى شبه الجزيرة العربية وخصوصا اليمن وتكون رطبة أو جافة على حسب طبيعة المناطق التى تجىء منها أو تمر عليها .

وفى فصل الشتاء (يناير) تظل الضغوط الصيفية موجودة ، ولكنها تتعرض لتغيرات أساسية كما يأتى :

(١) Trewartha, " The Earth Problem Climates," Methuen, London, 1966. P. 224.



شكل رقم(١٠٠) الضغط والرياح خلال الشتاء على العالم العربي



شكل رقم (١٠١) الضغط والرياح خلال الصيف على العالم العربي

١ ــ يتزحزح نطاق الضغط المنخفض الاستوائى نحو الجنوب فيقع أغلبه إلى الجنوب من خط الاستواء . وعلى الرغم من أنه يمتد بدون انقطاع على الماء واليابس إلا أن أعمق مراكزه تكون على استراليا وجنوبى إفريقيا بسبب شدة حرارتهما فى هذا الفصل (وهو الصيف الجنوبى) . وفى إفريقيا بالذات نلاحظ أن هذا النطاق لاينتقل بأكمله إلى الجنوب من خط الاستواء ، بل يظل قسم منه واقعا إلى الشمال منه . ويرجع ذلك إلى اتساع القسم الشمالى من القارة وبقاء درجة حرارته مرتفعة إلى حد ما . وتكون الجبهة الاستوائية ITCZ ممتدة عندئذ حوالى خط عرض ٥° جنوبا .

٢ ــ الضغط المرتفع وراء مدار السرطان ، وهو يتزحزح قليلا نحو الجنوب ، ويتكون منه نطاق متصل على المحيط الأطلسى وكتلة أوراسيا وشمالى الصحراء الكبرى . وتساعد برودة آسيا فى هذا الفصل على تكون مرتفع جوى موسمى فوقها ، وبالتقاء هذا الضغط بالضغط المرتفع وراء مدار السرطان يتكون منهما معا أعظم نطاق من الضغط المرتفع فى العالم . وهذا النطاق هو الذى يسيطر على مناخ كل أوراسيا ومعظم إفريقيا .

٣ ــ الضغط المنخفض الذى يتكون على البحر المتوسط بسبب دفئه بالنسبة لليابس المحيط به . ويكون الامتداد العام لهذا الضغط بين الشمال الغربى والجنوب الشرقى ، فيفصل فى هذه الحالة بين الضغط المرتفع الآسيوى والضغط المرتفع الآزورى . ويعتبر البحر المتوسط عندئذ ممرا رئيسيا للمنخفضات الجوية(١) .

٤ ــ الضغط المرتفع وراء مدار الجدى ، وهو يتزحزح جنوبا فى هذا الفصل حتى يقع فى جملته بين خطى عرض ٣٠° و ٣٥° جنوبا ، وليس لهذا الضغط تأثير كبير على مناخ العالم العربى فى هذا الفصل ، إلا أن بعض التيارات الهوائية قد تندفع منه نحو جنوبى الصومال وجنوبى السودان حيث تصلهما

---

(١) Trewartha Ibid, P. 224

بشكل رياح جنوبية غربية ، بعد أن كانت جنوبية شرقية قبل عبورها لخط الاستواء .

٥ ــ المنخفضات الجوية ، ويقصد بها المنخفضات التى تتكون فى العروض المعتدلة فى نصف السنة الشتوى ، وهى المسئولة عن معظم التقلبات الجوية فى معظم البلاد العربية فى نصف السنة الشتوى . وعلى الرغم من أن هذه المنخفضات تتحرك عادة من الغرب إلى الشرق ، وأن خطوط سيرها توجد غالبا على جنوبى أوروبا وحوض البحر المتوسط فإن تأثير بعضها قد يمتد نحو الجنوب حتى شمال السودان وجنوب شبه الجزيرة العربية ويعتبر البحر المتوسط نفسه منطقة رئيسية من مناطق نشأة هذه المنخفضات ، وإن كان بعضها قد ينشأ على الأراضى المجاورة له أو يغزوه من ناحية الغرب

وقد دل إحصاء المنخفضات الجوية خلال عشر سنوات من ١٩٢٩ حتى ١٩٣٩ على أن مجموع ماظهر منها فى الأشهر المبتدئة بأكتوبر والمنتهية بمايو من هذه السنوات بلغ ٤٤٢ منخفضا وأن ٧٤ منها نشأ فى المنطقة الواقعة بين تونس وإيطاليا بينما نشأ ٣٠ منها جنوب جبال أطلس ، وقد لوحظ أن المنخفضات التى تنشأ إلى الجنوب من جبال أطلس تنشأ غالبا فى الربيع بل و ينشأ بعضها فى فصل الصيف[1] .

١٣ ــ ٤ ــ الدورات الهوائية والرياح المترتبة على الضغوط الجوية .

فى ضوء الدراسة السابقة للضغوط الجوية ، وتوزيع مناطقها ومايطرأ عليها من تغير بين الصيف والشتاء يمكننا أن نرسم صورة عامة لنظام الرياح السائدة على مختلف أجزاء العالم العربى فيما يلى : من الطبيعى أن تكون الرياح التجارية التى تهب من الاتجاهات الشمالية عموما هى أوسع أنواع الرياح العامة انتشارا فى العالم العربى بسبب وقوع القسم الأكبر منه فى نطاقها . وهى فى جملتها رياح منتظمة ذات تأثير ملطف وخصوصا فى الصيف إلا أن تزحزح الجبهة

(١) Trewartha Ibid. 224 ff

الاستوائية ITCZ نحو الشمال في هذا الصيف ونحو الجنوب في فصل الشتاء يترتب عليه تغير في موقع الحد الجنوبي للنطاق الذي تسوده هذه الرياح من فصل إلى آخر .

ففي فصل الصيف تتكون الجبهة الاستوائية ممتدة على شمال إفريقيا وغربي آسيا مع خط عرض ١٥° شمالا تقريبا ، ويكون هذا الخط هو الحد الجنوبي لنطاق الرياح التجارية والحد الشمالي لنطاق الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التي كانت في الأصل تجارية جنوبية شرقية ثم انحرفت بعد عبورها لخط الاستواء أما في فصل الشتاء فيتغير الوضع حيث تأخذ الجبهة ITCZ في التزحزح تدريجيا نحو الجنوب حتى تصل إلى الجنوب من خط الاستواء، وهكذا فإن الحد الجنوبي لنطاق الرياح التجارية يتمشى في هذا الفصل مع خط الاستواء تقريبا . بينما يتزحزح الضغط المرتفع الآزوري في نفس الاتجاه ويمتد . على شمالي إفريقيا وغربي آسيا كما سبق أن بينا . ونتيجة لهذا يدخل شمال الوطن العربي (حتى خط عرض ٢٩° شمالا تقريبا) في منطقة الانتقال بين الرياح الغربية والرياح التجارية . ويكون معرضا للتقلبات التي يسببها النشاط الإعصاري على البحر المتوسط الذي يكون عندئذ مركزا لضغط منخفض . ولذلك فإن اتجاهات الرياح تكون متقلبة .

وبناء على التوزيع السابق للضغط الجوي والرياح يمكننا أن نقسم العالم العربي على أساس اتجاهات الرياح السائدة إلى ثلاثة نطاقات هي :

١ ــ النطاق الواقع شمالي خط عرض ٢٩° شمالا ، وهو الخط الذي تقع عليه مدينة الكويت ويمر إلى الشمال من حائل وتبوك في المملكة العربية السعودية وبمدينة بني سويف على نهر النيل وواحة سيوة بصحراء مصر الغربية وواحات جغبوب وجالو وغدامس في شمال ليبيا . ففي كل المناطق الواقعة شمال هذا الخط تكون الرياح التجارية سائدة في فصل الصيف . ويتوقف اتجاهها على موقع المنطقة بالنسبة لمركز الضغط الآزوري في الشمال وللمنخفضات الواقعة على امتداد الجبهة الاستوائية ITCZ في الجنوب ، وأهمها منخفض

السودان الموسمى ومنخفض الهند الموسمى . إلا أن أغلبها يكون شماليا غربيا أو شماليا ، ففى مدينة الاسكندرية مثلا تكون النسبة المئوية للرياح الشمالية الغربية فى شهر يوليو ٥٢٪ والنسبة المئوية للرياح الشمالية ٢٩٪ بينما لاتكاد تهب رياح تذكر من الاتجاهات الجنوبية (راجع جدول ٣٨) .

أما فى فصل الشتاء فتكون الرياح فى هذا النطاق متقلبة الاتجاه وتكون موزعة على جميع الاتجاهات بنسب متقاربة مع ميل إلى زيادة نسب مرات الهبوب من الاتجاهات الشمالية والغربية . ويرجع ذلك إلى أن هذا النطاق يقع فى المنطقة الانتقالية بين النطاق الذى تسوده الرياح التجارية فى الجنوب والنطاق الذى تسوده الرياح الغربية (العكسية) فى الشمال ، وإلى أنه يتعرض فى هذا الفصل لغزو كثير من المنخفضات الجوية التى تعبره من ناحية الغرب ، والتى تؤدى إلى تقلبات كثيرة فى اتجاهات الرياح .

٢ ـ النطاق المحصور بين خطى عرض ٢٩° و ١٨° شمالا تقريبا ، وهو يضم معظم النطاق الصحراوى المدارى من الوطن العربى من الخليج العربى فى الشرق حتى ساحل المحيط الأطلسى فى الغرب ، وفيه تسود الرياح التجارية التى تهب من الاتجاهات الشمالية بصفة دائمة تقريبا ، ومعظمها يهب من الشمال والشمال الشرقى ، فإذا راجعنا اتجاهات الرياح فى وادى حلفا مثلا (الجدول ٣٨) نجد أن ٣٢٪ منها اتجاهها شمالى ، و ٩٪ اتجاهها شمالى غربى ، كما نجد أن نسب مرات السكون فى نفس الشهر مرتفعة جدا حيث تصل إلى ٤٥٪ . ولايتغير الوضع كثيرا فى شهر يوليو عنه فى شهر يناير حيث تظل الرياح التجارية هى السائدة ، إلا أن التغيرات التى تطرأ على توزيع مناطق الضغط الجوى الرئيسية فى الصيف تؤدى إلى زيادة مرات هبوب الرياح الشمالية الغربية والغربية على حساب الرياح الشمالية والشمالية الشرقية ، كما أن تزحزح الجبهة الاستوائية ITCZ نحو الشمال فى هذا الفصل يؤدى إلى وصول بعض الرياح الجنوبية الغربية إلى الأجزاء الجنوبية من هذا الناطق فى بعض الأحيان .

جدول (٣٨) النسبة المئوية لاتجاهات الرياح على بعض بلاد مصر والسودان فى شهرى يناير ويوليو

		ش	ش ق	ق	ج ق	ج	ج غ	غ	ش غ	سكون
الاسكندرية	يناير	١٣	١٠	٧	٧	٧	١٤	١٨	١٨	٦
	يوليو	٢٩	٦	١	صفر	صفر	صفر	١١	٥٢	١
القاهرة	يناير	١٣	٥	١	٥	٢٦	١٤	٨	٣	٢٤
	يوليو	٢٤	٥	١	١	صفر	١	٢٠	٢١	١٧
وادى حلفا	يناير	٣٢	١٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٩	٤٥
	يوليو	١٧	٦	صفر	صفر	١	٤	٥	٢١	٤٦
الخرطوم	يناير	٥٦	٢٠	١	صفر	صفر	صفر	صفر	١٣	١٠
	يوليو	٢	صفر	١	٣	٣١	٣٦	٩	٢	١٥
حلة دليب	يناير	٦٨	٢٣	١	صفر	٢	صفر	صفر	صفر	٥
	يوليو	١	٦	١١	١١	٣٤	٩	٣	١	٢٣
منجلا	يناير	٣١	١٥	٢٠	٤	٨	٣	٥	٩	٥
	يوليو	٩	٦	١٣	١٤	٢٥	٧	٧	٣	١٥

٣ — النطاق الواقع إلى الجنوب من خط عرض ١٨° شمالا حتى خط الاستواء ، وهو نطاق يتميز بنظامه الموسمى الذى يسببه انتقال الجبهة الاستوائية ITCZ نحو الشمال فى الصيف ونحو الجنوب فى الشتاء ، ولهذا فإن الرياح الشتوية تهب كلها تقريبا من الاتجاهات الشمالية ، أما الرياح الصيفية فيهب أغلبها من الاتجاهات الجنوبية ، ففى مدينة الخرطوم مثلا نجد أن ٥٦٪ من رياح شهر يناير تهب من الشمال و ٢٠٪ منها تهب من الشمال الشرقى و ١٣٪ من الشمال الغربى ، بينما نجد فى شهر يوليو أن ٣٦٪ من الرياح تهب من الجنوب الغربى و ٣١٪ من الجنوب و ٩٪ من الغرب ، بينما يندر هبوبها من الاتجاهات الشمالية .

١٣ — ٥ — الرياح المحلية والزوابع الترابية :

لايمكننا أن نترك موضوع الرياح فى العالم العربى دون أن نشير إلى الرياح المحلية ذات الصفات الخاصة ، والتى تسببها عادة تغيرات عارضة فى الضغط الجوى ، ومن أهمها المنخفضات الجوية التى سبقت الإشارة إليها ، أو نشير إلى الزوابع

الترابية التى تشتهر بها معظم البلاد الواقعة فى قلب الصحارى أو على أطرافها ، والتى لايكاد يخلو منها بلد عربى تقريبا .

ففى العالم العربى تتمثل كل أنواع الرياح المحلية سواء فى ذلك الرياح اليومية التى تشتمل على نسيمى البر والبحر ونسيمى الجبل والوادى، أو الرياح التى تسببها تغيرات فى الضغط الجوى وأهمها رياح الخماسين فى شمال مصر ورياح القبلى فى شمال ليبيا والسموم فى المغرب العربى وشبه الجزيرة العربية . وكلها رياح صحراوية حارة تهب فى مقدمة المنخفضات الجوية الربيعية ، وكثيرا ماتكون محملة بالأتربة والرمال الناعمة ، وهى المسئولة غالبا عن الموجات الحرارية الشاذة التى تسجل أثناءها أعلى النهايات الحرارية العظمى .

وتظهر فى العالم العربى كذلك رياح جبلية من نوع « الفهن » التى تشتهر بها المنحدرات الشمالية لجبال الألب والتى تكتسب حرارتها نتيجة لانضغاطها عند هبوطها على جوانب الجبال . ولهذا فإن ظهورها يقتصر على الأقاليم الجبلية فى المغرب العربى وشمالى ليبيا وجبال سوريا ولبنان وشمالى العراق . وفى هذه المناطق يظهر كذلك نسيما الجبل والوادى ، ولكن ظهورها يكون عادة مقصورا على الأيام التى لاتسودها رياح قوية .

وفى كل البلاد الساحلية فى العالم العربى يظهر نسيما البر والبحر واضحين ، وخصوصا فى فصل الصيف . ويستفيد صيادو السمك فى المياه الساحلية بهذه الظاهرة ، حيث تبدأ زوارقهم فى التحرك نحو داخل البحر عندما يبدأ نسيم البر بعد الغروب ثم تبدأ رحلة العودة إلى البر فى الصباح مع بدء نسيم البحر .

أما الزوابع الترابية والرملية فهى من الظاهرات المألوفة فى كل البلاد العربية تقريبا ، ومع ذلك فإن ظهورها نادر فى بعض المناطق التى تتميز بكثرة أمطارها وكثافة غطائها النباتى الطبيعى أو الزراعى وبعدها عن مناطق الرمال والأتربة المفككة ، ومن أمثلتها سهول جنوب السودان ودلتا نهر النيل . وتكثر هذه الزوابع بصفة خاصة فى البلاد الواقعة على أطراف الصحارى ، عندما ينقطع

المطر وبزوال الغطاء النباتي الذي يكسو التربة، ويختلف موسمها فى البلاد المتأثرة بمناخ البحر المتوسط عنه فى البلاد المتأثرة بالمناخ المدارى الممطر صيفا ، ففى البلاد الأولى تكثر الزوابع الترابية عادة فى أواخر الربيع وأوائل الصيف وأواسطه ، وقد يمتد موسمها حتى بداية الخريف ، أما فى البلاد الثانية مثل سهول وسط السودان وشماله فإنها تكثر بصفة خاصة فى الربيع وأوائل الصيف .

وتتوقف شدة الزوابع الترابية والرملية على عدة عوامل أهمها : ١) كثرة الأتربة أو الرمال الناعمة المفككة على سطح الأرض وانتشارها فى مساحات واسعة ، ٢) جفاف الجو ، حيث أن هذا الجفاف يساعد على تفكك الرمال والأتربة ، ٣) نشاط التيارات الهوائية الصاعدة مما يؤدى إلى ارتفاع الأتربة والرمال الناعمة ، ٤) هبوب رياح سطحية تحمل معها الأتربة والرمال الصاعدة . وتحدث العمليتان الأخيرتان عادة عندما تمر جبهة هوائية باردة على أرض دافئة ، ففى هذه الحالة تسخن الأجزاء السفلى من الهواء البارد وترتفع بشكل تيارات صاعدة تحمل معها الأتربة والرمال الناعمة التى تدفعها الرياح أمامها .

ومن الزوابع الترابية ذات الصفات المميزة فى الوطن العربى تلك الزوابع التى تشتهر بها السهول الوسطى والشمالية للسودان والتى تعرف محليا باسم « الهبوب Haboob » . وهى تظهر بصفة خاصة فى أواخر الربيع وأوائل الصيف ، حيث يكون الجو عندئذ حارا جافا وتكون التربة مفككة وخالية من الحشائش . ويتقدم الهبوب عادة بشكل جبهة متصلة يسهل تمييزها عن بعد . وقد يستطيع المراقب فى بعض الأحيان أن يلاحظ مولد الهبوب وتجمعه فى منطقة نشأته . وعندما يمر الهبوب على أى مكان فإنه يؤدى إلى انخفاض مدى الرؤية عند سطح الأرض إلى الصفر . كما يؤدى إلى ترسيب طبقة سميكة من الغبار الناعم على كل مايقع فى طريقه . وكثيرا مايعقب مروره سقوط بعض الأمطار مما يساعد على تنظيف الجو من الغبار . ويكثر حدوث الهبوب بصفة خاصة فى منطقة الخرطوم ومنطقتى توكر وكسلا فى شمال شرق السودان .

١٣ ــ ٦ ــ أنواع الهواء (الكتل الهوائية)

إن الموقع الجغرافى للعالم العربى يعرضه لتأثير كل أنواع الهواء المعروفة تقريبا ، ولكن أكثر الأنواع انتشارا وتأثيرا هى الأنواع الآتية :

١ ــ الهواء المدارى القارى (cT) : وهو أهم الأنواع وأعظمها تأثيرا . ويرجع ذلك إلى وقوع العالم العربى فى العروض المدارية والمعتدلة الدافئة ، وإلى طبيعة أرضه وموقعه القارى . ويكاد هذا النوع يكون هو نوع الهواء الوحيد الذى يسيطر فى فصل الصيف على مناخ معظم البلاد العربية الواقعة إلى الشمال من خط عرض ١٥° شمالا . بل إن هذا العالم يعتبر من أهم مناطق نشأة هذا الهواء ، ولكنه كثيرا مايصل إليه كذلك من الأقاليم القارية الواقعة فى شماله أو فى شماله الشرقى ، حيث يصل عادة بشكل رياح شمالية أو شمالية شرقية ذات تأثير ملطف على حرارة فصل الصيف . إلا أن صفاته تتباين بعض الشىء من مكان إلى آخر على حسب طبيعة السطح الذى يمر فوقه . فإذا كان مروره على مسطحات مائية فإنه يكتسب بعض الرطوبة فى أجزائه السفلى بينما تظل قطاعاته العليا جافة . وكثيرا مايؤدى هذا الهواء إلى تكون الضباب أو الشابورة على بعض السواحل فى ساعات الصباح ، ولكن على الرغم من أن الرطوبة النسبية لمثل هذا الهواء تصل أحيانا إلى مائة فى المائة فإنها لاتؤدى عادة إلى تكون سحب كثيفة ، لأن الطبقة الهوائية الرطبة تكون عادة رقيقة .

الهواء المدارى البحرى (mT) : وأهم مصادره هى المحيطان الأطلسى والهندى ، فالمحيط الأطلسى هو مصدر الهواء الذى تحمله الرياح الغربية إلى المغرب العربى وشمال ليبيا وشمال مصر ، كما أنه هو مصدر الهواء الرطب الذى يصل إلى أواسط السودان وشماله فى فصل الصيف وإلى أجزائه الجنوبية فى معظم شهور السنة ، وهو مصدر الأمطار التى تسقط على كل هذه المناطق ، كما أن بعض هذا الهواء يعبّر هضبة الحبشة والبحر الأحمر فى فصل الصيف

فيقابل مرتفعات اليمن وجنوب غرب المملكة العربية السعودية ويؤدى إلى سقوط الأمطار الصيفية عليها . .

ويلاحظ أن الهواء المدارى البحرى يندفع أحيانا من المحيط الهندى والخليج العربى فى مقدمة المنخفضات الجوية المتقدمة من الغرب عبر المملكة العربية السعودية نحو الخليج العربى فيؤدى إلى زيادة نسبة الرطوبة فى الهواء، ويصبح الجو بسببه رطبا ثقيلا ، وهى ظاهرة مألوفة فى أواخر الصيف وأوائل الخريف فى كل البلاد الساحلية بما فيها سواحل البحر المتوسط والبحر الأحمر والمحيط الأطلسى ، ففى هذا الوقت من السنة تكون درجة حرارة سطح ماء البحار قد وصلت إلى أعلاها ويكون الهواء الذى فوقها محملا بكميات كبيرة من بخار الماء . فإذا ماوصل هذا الهواء إلى البلاد الساحلية فإنه يؤدى إلى تكون الضباب أو الشابوره والندى أثناء الليل وفى الصباح ، وكلما تقدم النهار صار الجو حارا رطبا ثقيلا .

أما إذا اندفع هذا الهواء فى مقدمة المنخفضات الجوية الشتوية فإنه يرتفع فوق الهواء المدارى القارى القادم من الشمال ويؤدى إلى تكون السحب وسقوط الأمطار ، كما أن ملامسة هذا الهواء لسطح الأرض الساخن فى فصل الربيع هو أحد الأسباب الرئيسية لخلق حالة عدم الاستقرار التى تؤدى إلى حدوث العواصف الرعدية الشديدة التى ينهمر معها المطر بغزارة والتى يشتهر بها هذا الفصل .

الهواء القطبى القارى (cP) : ومصدره المعتاد هو السهول الشمالية لأوروبا وآسيا . ويرتبط وصوله إلى الأجزاء المختلفة للوطن العربى بمرور المنخفضات الجوية التى تتكون على حوض البحر المتوسط أو على جنوبى أوروبا أو شمالى إفريقيا ، ولهذا فإن كثرة وصوله وشدة تأثيره تتوقفان على كثرة هذه المنخفضات وعلى طبيعتها من حيث العمق وشدة انحدار الضغط الجوى نحو

مركزها . كما أن طبيعة هذا الهواء تختلف من فصل إلى آخر . فالهواء الذى يصل فى فصل الشتاء يكون عادة شديد البرودة ، فيؤدى إلى حدوث موجات باردة غير عادية ، وقلما تنخفض درجة الحرارة عند وصوله إلى مادون درجة التجمد حتى فى الأجزاء الوسطى والشمالية من شبه الجزيرة العربية ، وفى جنوب العراق وشمالى الخليج العربى . وقد تصحبه فى بعض الأحيان عواصف ثلجية مدمرة فى البلاد الشمالية من المشرق العربى وخصوصا فى سوريا ولبنان . أما فى البلاد الواقعة إلى الجنوب من البحر المتوسط فإن موجات البرد التى يجلبها هذا الهواء تكون أقل قسوة منها فى البلاد الواقعة إلى الشرق منه ، لأن مروره على مياه البحر المتوسط الدافئة نسبيا يساعد على تخفيف حدة برودته ، وعلى زيادة نسبة الرطوبة فى قطاعاته السفلى بدرجة تجعله شبيها بالهواء القطبى البحرى . ولهذا فإنه يؤدى إلى تكوين الضباب والسحب المنخفضة ؛ وقد يؤدى إلى سقوط الأمطار .

وتتوقف المدة التى يستمر فيها غزو الهواء القطبى لأى مكان على مدة بقاء المنخفض الجوى الذى أدى إلى وصوله متمركزا فى مكانه . فعلى الرغم من أن معظم المنخفضات الجوية تواصل تحركها من الغرب إلى الشرق فإن بعضها قد يتوقف فى مكان واحد لبضعة أيام . وتعتبر جزيرة قبرص من أشهر المراكز التى تتوقف عندها المنخفضات الجوية فى بعض الأحيان لبضعة أيام .فيؤدى هذا إلى استمرار الاضطرابات الجوية المرتبطة بها طول مدة توقفها . وتختلف هذه الاضطرابات من مكان إلى آخر على حسب موقع كل مكان منها بالنسبة لمركز المنخفض الجوى . وقد يؤدى تمركز أحد المنخفضات النشطة على هذه الجزيرة لعدة أيام إلى اندفاع الهواء القطبى فى مؤخرتها نحو الجنوب حتى أواسط السودان وأواسط شبه الجزيرة العربية حيث يحمل إليها موجات من البرد الشديد .

والهواء القطبى القارى هو أحد العوامل المهمة التى تؤدى إلى حدوث الزوابع الترابية والرملية فى أشهر الربيع وأوائل الصيف فى المناطق الصحراوية

والمناطق الواقعة على أطرافها، إذ أن سخونة سطح هذه المناطق تؤدى إلى حدوث حالة عدم استقرار فى الأجزاء السفلى من الهواء مما يساعد على نشاط التيارات الصاعدة التى تحمل الأتربة والرمال الناعمة إلى أعلى . ويساعدها على ذلك أن سطح الأرض يكون عندئذ جافا وفقيرا فى حياته النباتية وتكون الرمال والأتربة مفككة وسهلة الحركة .

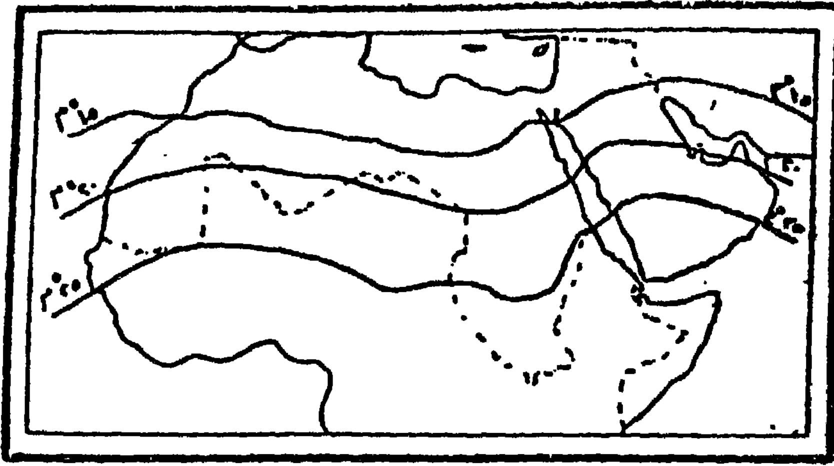
الهواء القطبى البحرى (mP) : يصل هذا النوع من الهواء إلى الوطن العربى من المحيط الأطلسى الشمالى . وكما هى الحال بالنسبة للنوع القطبى القارى فإن وصوله يرتبط بنشاط المنخفضات الجوية فى حوض البحر المتوسط والمناطق المحيطه به . وباستثناء البلاد المغربية والموريتانية التى قد يصلها هذا الهواء من شمالى المحيط الأطلسى مباشرة فإن وصوله إلى بقية الوطن العربى يكون عن طريق أوروبا والبحر المتوسط ، ولهذا فإن صفاته تكون معدلة بعض الشيء ، ولكنه يظل مع ذلك محتفظا بمعظم صفاته الرئيسية من حيث شدة البرودة وارتفاع نسبة الرطوبة . ويصل هذا الهواء عادة عند مرور الجبهة الباردة أو بعد مرورها مباشرة . وهو المسئول عن تكون السحب وسقوط الأمطار التى تتميز بها هذه المرحلة من مراحل المنخفضات الجوية ، حيث أن مرورها على سطح مياه البحر المتوسط الدافئة يساعد على زيادة رطوبتها وعلى خلق حالة عدم استقرار بها . والموسم الرئيسى لوصول هذا الهواء هو فصل الشتاء وأوائل الخريف .

١٣ ــ ٧ ــ الأحوال الحرارية فى العالم العربى

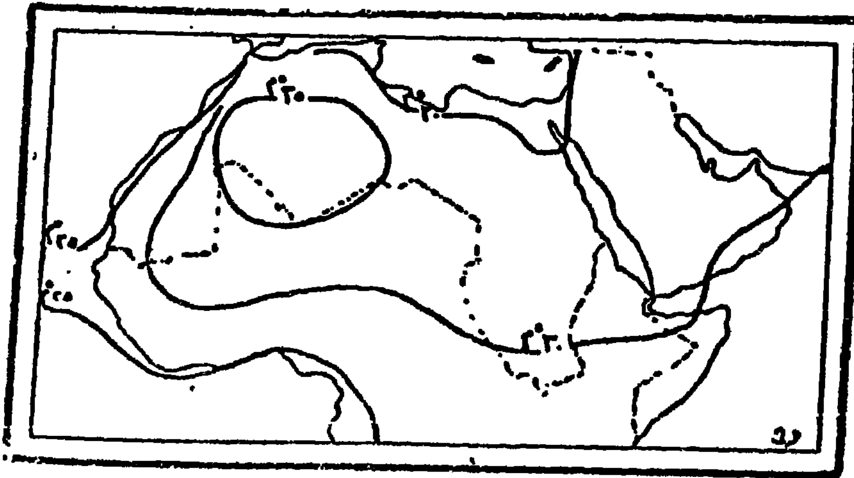
راجع إحصاءات الحرارة والمطر لبعض محطات الدول العربية فى الملحق رقم ٤ .

إن تعدد العوامل التى تتحكم فى درجة الحرارة وتباين أهمية الدور الذى يلعبه كل عامل منها فى الأماكن المختلفة قد خلق فى العالم العربى نماذج حرارية مختلفة ، على حسب الظروف المحلية الخاصة بكل مكان . وإن امتداد هذا العالم من خط عرض ٢° جنوب خط الاستواء تقريبا إلى خط عرض ٣٧° شماله يعنى أنه يمتد عبر حوالى ٣٩ درجة عرضية ، وأن بعض أجزائه يقع فى العروض الحارة بينما يقع بعضها الآخر فى العروض المعتدلة . وقد ترتب على هذا وجود فروق حرارية كبيرة بين أطرافه الشمالية من ناحية وأطرافه الجنوبية من ناحية أخرى . فبينما نجد ، مثلا ، أن المعدل الحرارى السنوى فى مدينة بربرة الصومالية على خليج عدن يزيد على ٣٠° م فإننا نجد أنه لايزيد عن ١٥° فى مدينة حلب بشمالى سوريا . وبينما يرتفع معدل شهر يوليو فى بربرة إلى ٣٧° فإنه يبلغ ٢٩° فى حلب . وبينما لاينخفض معدل شهر يناير فى بربره عن ٢٤° فإنه ينخفض إلى ٦° فى حلب . ومن هذا يظهر أن الفرق الحرارى بين هاتين المدينتين يكون صغيرا فى الصيف حيث يبلغ ٨ درجات فقط بينما يكون كبيرا فى الشتاء حيث يصل إلى ١٨ درجة . ومعنى هذا أن كل البلاد العربية تقريبا ، ماعدا البلاد الجبلية والبلاد الواقعة على سواحل البحر المتوسط ، تكون حارة فى الصيف ولاتوجد فروق كبيرة بين بعضها وبعض ، أما فى الشتاء فإن الأطراف الشمالية وخصوصا الجبلية منها تكون شديدة البرودة ، بينما تظل الأطراف الجنوبية دافئة . وهذا يعنى أن أهم الاختلافات الحرارية بين شمالى العالم العربى وجنوبيه ترجع بصفة خاصة إلى شدة برودة الشتاء فى الشمال أكثر من رجوعها إلى شدة حرارة الصيف فى الجنوب ، وذلك لأن الحرارة الشديدة تكون عامة فى كل البلاد العربية .-

وترجع شدة حرارة الصيف عموما إلى صفاء الجو وطول ساعات سطوع الشمس وكبر زاوية سقوط الأشعة ، وجفاف التربة بسبب جفاف الهواء وانعدام الأمطار



شكل رقم (١٠٢) خطوط الحرارة المتساوية فى شهر يناير فى العالم العربى



شكل رقم (١٠٣) خطوط الحرارة المتساوية فى شهر يوليو فى العالم العربى

تقريبا وقلة مظاهر التكثف الأخرى وخصوصا الندى ، بحيث لاتجد التربة أى مصدر يعوضها عما تفقده من مياه بالتبخر . ولهذا فإن سطح الأرض نفسه يسخن بسرعة أثناء النهار حتى ترتفع درجة حرارته فى الأماكن المكشوفة إلى أكثر من ٤٠° م ، بل وكثيرا ماتصل درجة حرارة سطح رمال الصحراء فى أواسط النهار إلى ٧٠° م أو أكثر . ومما يذكر أن سخونة الرمال بهذا الشكل مع سكون الهواء يترتب عليهما انطلاق الإشعاعات الحرارية بكثرة من سطح الرمال إلى الجو فيؤدى ذلك إلى ظهور « السراب » الذى تشتهر به الصحارى الحارة عموما .

وباستثناء المناطق الممطرة صيفا مثل جنوب السودان ووسطه فإن أشد الشهور حرارة فى كل أجزاء العالم العربى الأخرى هى شهرا يوليو وأغسطس . أما فى المناطق الممطرة صيفا فإن معدلات هذين الشهرين تكون قليلة الارتفاع نوعا ما بسبب كثرة السحب والأمطار بالنسبة للأشهر الجافة التى تسبقها أو التى تعقبها مباشرة . ففى هذه المناطق تكون للحرارة عادة قمتان إحداهما قبل موسم المطر مباشرة والثانية بعدها مباشرة . وتكون القمة الأولى غالبا أوضح من القمة الثانية . ففى مدينة الخرطوم مثلا تكون أشد أيام السنة حرارة هى الأيام الواقعة بين منتصف مايو ومنتصف يونيو ، وتليها الأيام الواقعة بين منتصف سبتمبر ومنتصف أكتوبر .

والسبب فى ارتفاع القمة الأولى عن القمة الثانية هو أن موسم المطر ينتهى بشكل تدريجى وتظل التربة محتفظة ببعض رطوبتها وبكثير من غطائها النباتى لمدة أسبوعين أو ثلاثة بعد انتهاء موسم المطر ، فهذه العوامل كلها تساعد على تخفيف قسوة القمة الثانية نوعا ما عن القمة الأولى التى تأتى فى وقت تكون فيه التربة فى أشد حالات جفافها ، وفى أشد حالات فقرها فى الغطاء النباتى ، ولكن ماإن تبدأ الأمطار فى السقوط حتى تتبلل التربة وتبدأ الحشائش فى النمو فتنخفض درجة الحرارة بشكل ملحوظ .

ونظرا لأن طول فصل المطر يزداد كلما اتجهنا جنوبا فإن قمتى المنحنى

الحرارى تتباعدان تبعا لذلك. ففى بلدة الملاكال التى تقع إلى الجنوب من الخرطوم بنحو ٦ درجات عرضية تظهر القمة الحرارية الأولى قبل نظيرتها فى الخرطوم بحوالى ثلاثين يوما ، كما تظهر القمة الثانية بعد نظيرتها فى الخرطوم بنفس المدة تقريبا . إلا أن القمة الثانية فى الملاكال لاتكون واضحة بدرجة وضوحها فى الخرطوم بسبب كثرة المطر وزيادة رطوبة التربة وكثافة الغطاء النباتى ووجود كثير من المسطحات المائية . وتلعب التضاريس دورا هاما فى توزيع الحرارة ، ولايقتصر أثرها على التناقص الذى يحدث عادة بالارتفاع ، بل إن هذا الأثر يظهر كذلك بأشكال أخرى من بينها التأثير الذى يحدثه نسيم الجبل ونسيم الوادى ، والتأثير الذى يحدثه انضغاط الهواء عند هبوطه على جوانب الجبال أو ارتفاعه عليها حيث يسخن فى الحالة الأولى لانضغاطه ، كما هى الحال بالنسبة لرياح الفهن المشهورة ، بينما يبرد فى الحالة الثانية نتيجة لتخلخله عند اندفاعه إلى أعلى .

وتحدث ظاهرة « الفهن » فى معظم المناطق الجبلية فى الوطن العربى مثل المنحدرات الشمالية لجبال طرابلس فى ليبيا . فعندما تهبط الرياح الصحراوية على هذه المنحدرات فى بعض أيام الربيع ترتفع درجة الحرارة فى السهول المجاورة لها إلى أكثر من ٥٠°م . وقد سجلت فى هذه السهول بالفعل درجات حرارية لاتعادلها فى الارتفاع إلا الدرجات التى سجلت فى وادى الموت بكاليفورنيا . وقد وصلت درجة الحرارة فى بلدة العزيزية الواقعة فى سهل الجفارة إلى الشمال من حافة جبال طرابلس بليبيا فى أحد الأيام إلى ٥٦° م[1] . وتتكرر نفس الظاهرة تقريبا فى المناطق الجبلية الأخرى وأهمها جبال أطلس وجبال لبنان .

وتلعب الأودية التى تقطع الجبال دورا مهما فى توجيه الرياح ، التى تؤثر بدورها تأثيرا واضحا على درجة الحرارة ، كما أن اتجاه المنحدرات والأودية له علاقة مباشرة بتوزيع الإشعاع الشمسى سواء على امتداد ساعات النهار أو على امتداد أشهر السنة .

(١) عبد العزيز طريح شرف (١٩٦٢) جغرافية ليبيا ــ الاسكندرية صـ ١١٠.

توزيع المعدلات الحرارية (راجع الملحق رقم ٤)

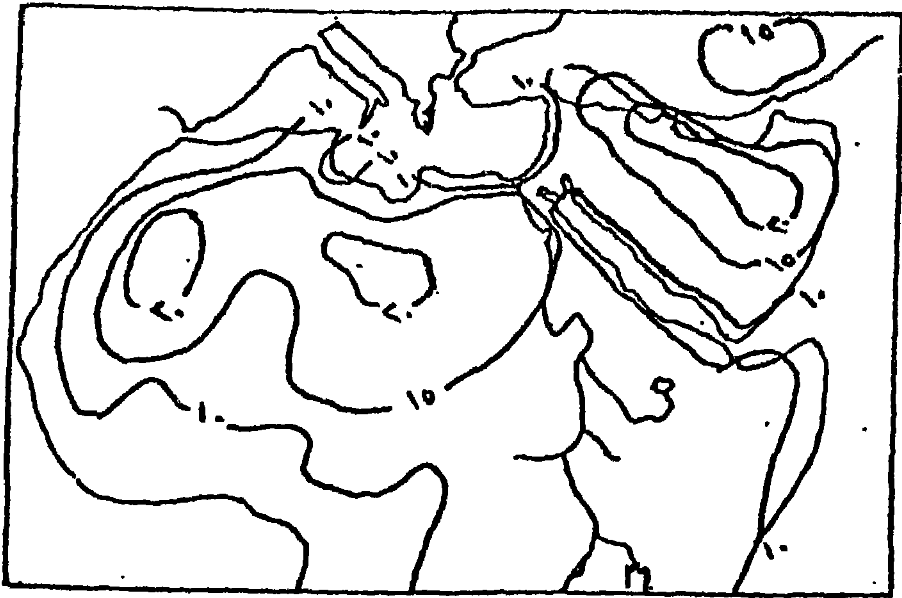
أولا — فصل الصيف : فى هذا الفصل تشتد الحرارة فى معظم البلاد العربية ، ماعدا المناطق الساحلية حول البحر المتوسط ، ومناطق الجبال المرتفعة . وعلى أساس شدة الحرارة يمكننا أن نقسم العالم العربى إلى ثلاثة أقسام هى :

١ — مناطق الصيف القائظ ، وفيها تزيد معدلات شهرين على الأقل من أشهر الصيف على ٣٢° م (٩٠° ف) . وقد تصل إلى ٣٧° أو أكثر . ومن أمثلتها البلاد الواقعة فى قلب الصحراء الكبرى مثل بلدة عين صالح فى الجزائر ، وبعض بلاد وسط وشمال السودان مثل مدينة بورسودان والمناطق الصحراوية والسهلية فى شبه الجزيرة العربية بما فى ذلك إمارات الخليج العربى ، وتمثلها معدلات الكويت والظهران .

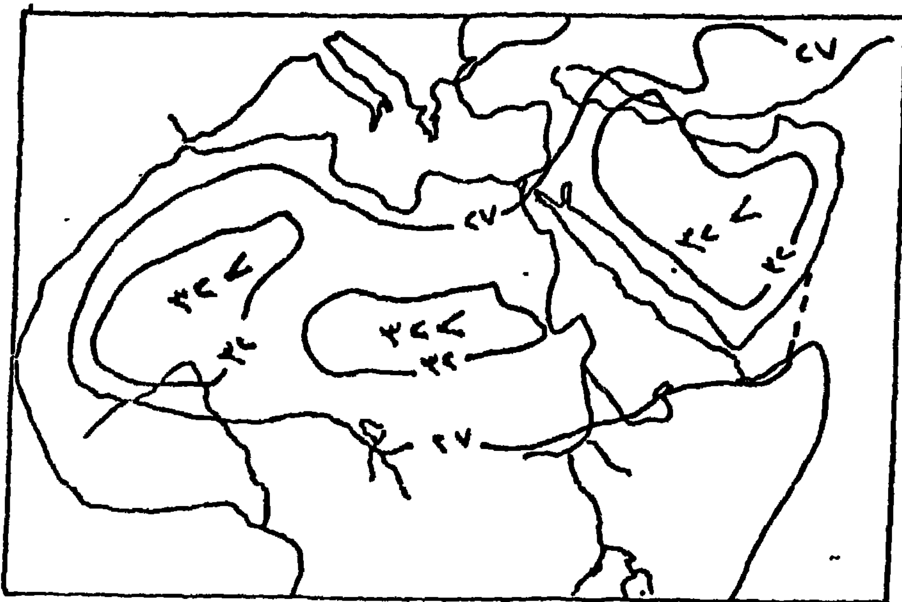
٢ — مناطق الصيف الحار ، وفيها تتراوح معدلات أشهر هذا الفصل بين ٢٧° و ٣٢°م ، وتضم المناطق الواقعة إلى الجنوب من الصحارى الحارة ، وفيها تسقط الأمطار صيفا فتلطف نوعا ما من شدة الحرارة ، كما هى الحال فى سهول وسط وجنوب السودان واليمن والبلاد المحيطة بخليج عدن وتمثلها معدلات مدن الأبيض وجوبا والخرطوم وصنعاء وبربرة بالصومال .

٣ — مناطق الصيف المعتدل ، وفيها لاتزيد معدلات أشهر الصيف عادة عن ٢٧° م ، وتشمل كل المناطق المحيطة بالبحر المتوسط ، ومرتفعات العراق والمرتفعات المحيطة بالبحر الأحمر ، وفى هذه المناطق توجد المنتجعات الصيفية المشهورة فى العالم العربى .

ثانيا : فصل الشتاء : هذا الفصل دافىء نسبيا فى أغلب أجزاء العالم العربى ، ولايستثنى من ذلك إلا الأجزاء الشمالية من المشرق العربى ، وخصوصا المناطق الجبلية التى تشتد البرودة فى بعضها بدرجات تتناسب مع



شكل (١٠٤) معدل المدى الحرارى اليومى فى العالم العربى



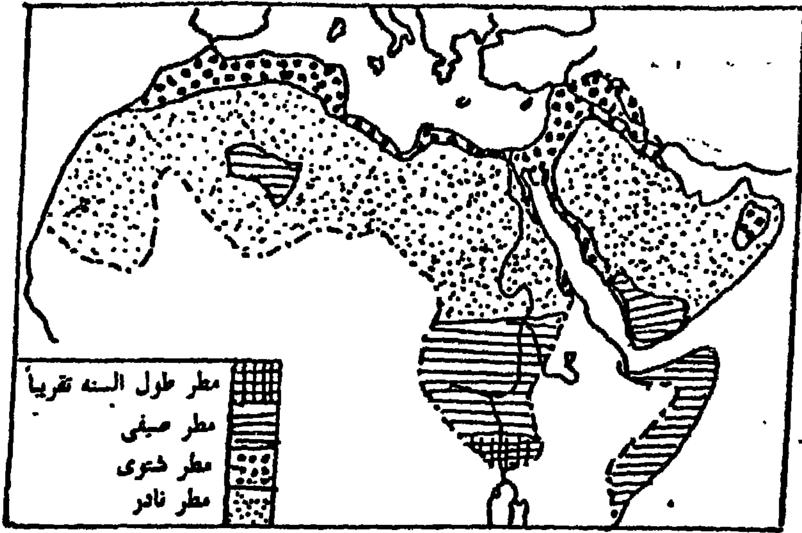
شكل (١٠٥) معدل النهايات العظمى للحرارة فى العالم العربى

ارتفاعاتها ، فباستثناء هذه المناطق ، فإن المعدلات الحرارية الشهرية الشتوية لاتنخفض فى معظم الأجزاء الشمالية من العالم العربى عن ٥° مئوية . وأبرد الشهور عادة هو شهر يناير الذى يبلغ معدله فى حلب ٥,٥° م وفى دمشق ٦,٦° وفى الموصل ٦,٦° . أما على الجبال المرتفعة مثل بعض جبال لبنان وبعض جبال أطلس فقد تنخفض المعدلات إلى مادون درجة التجمد فتتغطى هذه الجبال بالثلوج خلال شهر أو أكثر من أشهر الشتاء .

أما فى باقى أجزاء العالم العربى بما فى ذلك السواحل المشرفة على البحر المتوسط نفسه فإن الحرارة تكون عادة معتدلة فى هذا الفصل، بل إن كل المناطق الواقعة إلى الجنوب من مدار السرطان تقريبا تكون دافئة أو مائلة للحرارة ، كما هى الحال فى جنوب السودان والصومال واليمن الجنوبية ، حيث لاتنخفض المعدلات الشهرية فيها جميعا عن ٢٤°م ، كما يتضح من أرقام محطات واو وجوبا والملاكال فى السودان ، وأرقام بربرة ومقديشيو وجيبوتى وعدن .

ثالثا ــ الفصلان الانتقاليان (الربيع والخريف) :

يلاحظ أن الانتقال بين الصيف والشتاء يحدث فى بعض المناطق بصورة سريعة بينما يحدث فى بعضها الآخر بشكل تدريجى ، ويكون الانتقال سريعا بصفة خاصة فى المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية ، وفى المناطق الواقعة على أطراف الضغوط الموسمية الكبرى ، وأهمها الضغط المرتفع الذى يتكون على آسيا فى الشتاء ، والضغط المنخفض الذى يتكون عليها وعلى كل شمال إفريقيا فى الصيف . وتعتبر العراق وإمارات الخليج العربى وشمالى المملكة العربية السعودية ووسطها من أوضح الأمثلة على ذلك . ويبدو هذا واضحا بمجرد النظر إلى المنحنيات الحرارية لبعض محطاتها مثل محطات الكويت والبصرة . ويرجع هذا الانتقال السريع إلى أن الضغط المرتفع يأخذ فى الارتفاع بسرعة على آسيا بعد انتهاء فصل الصيف بوقت قصير ، وإلى أن الضغط المنخفض على نفس الفترة وامتداده على شمال إفريقيا يأخذان كذلك فى التعمق بسرعة بمجرد



شكل (١٠٦) مواسم سقوط المطر فى العالم العربى

انتهاء فصل الشتاء ، وهكذا فإن التيارات الهوائية الباردة سرعان ماتخرج من آسيا نحو العراق والخليج العربى بعد انتهاء فصل الصيف بوقت قصير ، كما تبدأ التيارات الصحراوية الحارة فى الوصول إليها أثناء تحركها نحو الضغط المنخفض على آسيا بمجرد انتهاء فصل الشتاء .

رابعا : المدى الحرارى والطبيعة القارية للمناخ :

تتميز معظم أقاليم الوطن العربى بارتفاع المدى الحرارى ، سواء فى ذلك المدى اليومى أو المدى الفصلى بسبب الطبيعة القارية للمناخ . ولكن هذا الحكم العام لاينطبق على معظم المناطق الساحلية أو المناطق التى يسقط مطرها طول العام أو فى معظم الأشهر مثل سهول وهضاب جنوب السودان . ففى هذه المنطقة بالذات يكون المدى الحرارى الفصلى أقل منه فى أى منطقة أخرى من العالم العربى بسبب كثرة الأمطار وطول فصل سقوطها وكثافة الحياة النباتية وكثرة المستنقعات والبحيرات والمجارى المائية . وهو يتراوح هنا بين ٤ و ٦

درجات مئوية فقط ، كما يتضح من أرقام محطات جوبا وواو والمالاكال وغيرها من محطات جنوبى السودان ، أما فى البلاد الساحلية فإن المدى الفصلى يرتفع عن ذلك كثيرا ولكنه يظل أقل بكثير منه فى المناطق القارية ، فهو يتراوح فى معظم البلاد الساحلية بين ١٠ و ١٥ درجة ، أما فى المناطق البعيدة عن المؤثرات البحرية فقد يرتفع إلى ٢٥° . ويكون هذا المدى مرتفعا بصفة خاصة فى سوريا والأردن وشمالى العراق. ويرجع ذلك إلى اشتداد برودة الشتاء فى هذه المناطق أكثر من رجوعه إلى اشتداد حرارة الصيف . والسبب فى ذلك هو أن هذه المناطق تكون فى هذا الفصل خاضعة لنفوذ الضغط المرتفع الآسيوى والكتل القطبية القارية التى تنشأ فى نطاقه والتى يصل هواؤها فى كثير من الأحيان إلى هذه المناطق فيؤدى إلى هبوط الحرارة إلى درجة التجمد . ففى شمالى العراق ووسطه مثلا نجد أن المدى الحرارى الفصلى يبلغ ٢٦ درجة فى الموصل و ٢٤ درجة فى بغداد ، كما يبلغ فى حلب بشمال سوريا ٢٣ درجة .

وعلى الرغم من أن المدى الحرارى الفصلى يكون على السواحل منخفضا بالنسبة للداخل فإن الظروف المحلية لبعض المناطق الساحلية تؤدى إلى ارتفاع هذا المدى . وينطبق هذا بصفة خاصة على السواحل الصحراوية أو شبه الصحراوية التى تسودها المؤثرات الصحراوية فى فصل من الفصول بينما تسودها المؤثرات البحرية فى فصل آخر ، وكذلك السواحل التى تخضع فى الشتاء لنفوذ الضغط المرتفع الآسيوى الذى يؤدى إلى كثرة وصول الهواء القطبى القارى بينما تخضع فى الصيف للنفوذ الصحراوى بهوائه القارى الحار . ومثال ذلك سواحل شبه الجزيرة العربية المشرفة على الخليج العربى ، وخصوصا فى أجزائها الشمالية مثل سواحل الكويت ، حيث نجد أن المدى الحرارى الفصلى يرتفع هنا إلى حوالى ٢٣,٥ درجة مئوية ، أى أنه لايختلف فى هذه الناحية عنه فى قلب الصحراء .

خامسا : الموجات الباردة والموجات الحارة غير العادية :

تتعرض البلاد العربية الواقعة حول البحر المتوسط أو المتأثرة بمناخه ،

وخصوصا فى غربى آسيا لموجات من البرد القارص غير العادية فى بعض أيام الشتاء وموجات من الحر القائظ غير العادية فى بعض أيام الربيع وأوائل الصيف . والسبب الرئيسى للموجات الباردة هو وصول هواء قطبى قارى شديد البرودة لعدة أيام فى مؤخرة المنخفضات الجوية العميقة إذا ماتمركز أحدها على شرقى البحر المتوسط أو غربى آسيا . وكثيرا ماتكون الموجات الباردة على الأجزاء الشمالية من المشرق العربى فى سوريا ولبنان وشمالى العراق وشمالى الأردن مصحوبة بعواصف ثلجية تغطى المناطق الجبلية بسببها بالثلوج ، وتتعطل المواصلات وتتلف كثير من المحاصيل . أما الموجات الحارة فيكون سببها غالبا هو وصول هواء مدارى حار من الصحراء فى مقدمة المنخفضات الجوية ، حيث تحمله الرياح المحلية التى تشتهر من بينها رياح الخماسين فى مصر والسموم فى شبه الجزيرة العربية والمغرب العربى والقبلى فى ليبيا .

ويبين الجدول (٣٩/ب) النهايات الصغرى والنهايات العظمى المطلقة التى سجلت فى بعض البلاد العربية التى تتعرض لموجات البرد وموجات الحر غير العادية . وفيه يتبين أن موجات البرد القارص قد تصل جنوبا إلى أواسط السودان حيث وصلت النهاية الصغرى المطلقة فى مدينة الأبيض مثلا إلى ٠,٥° م تحت الصفر . ومنه يتبين كذلك أن أشد الموجات البارده هى التى تحدث فى شرقى البحر المتوسط ، كما تدل على ذلك النهاية الصغرى المطلقة التى سجلت فى بلدة الرطبة على الحدود الأردنية العراقية وهى ١٤,٤° م تحت الصفر .

جدول (٣٩) النهايات العظمى والصغرى المطلقة(١) فى بعض المحطات العربية (بالدرجات المئوية)

المحطة	النهاية المطلقة العظمى	النهاية المطلقة الصغرى	المحطة	النهاية المطلقة العظمى	النهاية المطلقة الصغرى
الاسكندرية	٤٣,٨	٢,٧	تدمر	٤٨,٨	-٧,٧
القاهرة	٤٧,٧	-٣,٨	القدس	٤١,٦	-٣,٣
وادى حلفا	٥٢,٧	-٢,٢	بغداد	٤٩,٤	-٧,٧
الخرطوم	٤٧,٧	٥	البصرة	٥٠,٥	-٤,٤
كسلا	٤٧,٢	٦,١	الرطبة	٤٦,١	-١٤,٤
بور سودان	٤٧,٢	١٠	بسكرة(تونس)	٤٩,٤	-١,١
الأبيض	٤٦,١	-٠,٥	توغورت (تونس)	٥٠	-٣,٣
المالاكال	٤٣,٣	١١,٦	العزيزية (ليبيا)	٥٧,٧	-٢,٧
جوبا	٤٣,٨	١٣,٣	تامانراسيت	٣٨,٨	-٦,٦
دمشق	٤٥	-٦,١	بلما(الجزائر)	٤٦,٦	-١,٦

(1) Kendrew, W. G (1960) "Climates of the Continents" P. 49, P. 68 & P. 248

١٣ ـ ٨ ـ الأمطار

إن الأقاليم التى يمكن وصفها بالمطيرة لاتشغل من العالم العربى إلا نسبة لاتزيد عن ٥٪ من مساحته الكلية بينما تمثل الصحارى أكثر من ٨٥٪ من هذه المساحة . وفيما بين هذين النوعين توجد مناطق متوسطة يمكن أن توصف بأنها شبه جافة أو شبه صحراوية . وأكثر أجزاء العالم العربى مطرا هى جنوب السودان الذى تتراوح معدلاته الهنوية بين ٨٠ و ١١٠ سم . وتأتى بعد ذلك المنحدرات الجبلية المواجهة للبحر المتوسط فى سوريا ولبنان وفلسطين والمغرب العربى وشمال برقه فى ليبيا . وتتراوح المعدلات السنوية للأمطار فيها بين ٧٠ و ١٠٠ سنتيمتر .

ونظام المطر السائد فى العالم العربى هو نظام البحر المتوسط . ولايقتصر وجود هذا النظام على المناطق المحيطة بالبحر المتوسط نفسه بل إن بعض مظاهره تمتد نحو الشرق حتى العراق ودول الخليج العربى ونحو الجنوب حتى شمال شرق السودان واريتريا والمناطق المقابلة لها فى الحجاز وعسير ، وأهم هذه المظاهر هى سقوط كميات محدودة من الأمطار الشتوية التى تسببها المنخفضات الجوية التى تأتى من ناحية البحر المتوسط . فالمعروف أن أمطار البحر المتوسط فى جملتها أمطار إعصارية . وأنها تأتى مع المنخفضات التى تتحرك عادة من الغرب إلى الشرق . ويزداد نشاط هذه المنخفضات بصفة خاصة فى فصل الشتاء ، ولكنها تظهر كذلك ولكن بصورة أقل فى فصلى الربيع والخريف . وتكون مسارات منخفضات الربيع واقعة فى الغالب على طول السواحل الجنوبية للبحر المتوسط أو إلى الجنوب منها . وقد ينحرف بعضها نحو الجنوب أو الجنوب الشرقى ويسير على طول البحر الأحمر حتى أواسطه قبل أن يعود للاتجاه شرقا عبر شبه الجزيرة العربية إلى منطقة الخليج العربى . وهذه المنخفضات هى التى تسبب معظم الاضطرابات الجوية الربيعية فى هذه المناطق . ومن أهمها حدوث موجات حرارية شديدة أو حدوث زوابع

ترابية كثيفة . ولئن سقطت بسببها بعض الأمطار فإنها تكون غالبا أمطارا قليلة . أما أكثر الأمطار فتأتى فى الشتاء بسبب زيادة نشاط المنخفضات الجوية فى هذا الفصل عنها فى أى فصل آخر .

وتلعب ظروف الموقع الفلكى والموقع بالنسبة للبحار واتجاه السواحل والمنحدرات بالنسبة لاتجاه الرياح المطرة وغير ذلك من العوامل الجغرافية أدوارا متباينة فى تحديد كمية الأمطار ونوعها ونظام سقوطها وطول فصل سقوطها ووقت ظهور قمتها ، ولذلك فإن الدراسة العامة لأمطار العالم العربى لايمكن أن تغنى عن الدراسة التفصيلية لظروف كل منطقة .

ويتباين فصل سقوط المطر وطوله فى الوطن العربى على حسب الموقع بالنسبة للبحر المتوسط من جهة وبالنسبة للنطاق الاستوائى أو الموسمى سواء فى إفريقيا أو آسيا من جهة أخرى . ومع ذلك فإننا سنقسم المناطق الممطرة فى العالم العربى بصفة عامة إلى قسمين هما :

أ ــ مناطق ممطرة شتاء ، ب ــ مناطق ممطره صيفا

أولا ــ المناطق الممطرة شتاء :

توجد هذه المناطق بصفة خاصة على امتداد السواحل الجنوبية والشرقية للبحر المتوسط ، ولكنها تشمل كذلك معظم المشرق العربى بما فى ذلك كل أراضى الخليج العربى وشمال شبه الجزيرة العربية ووسطها ، ولكن مما يستلفت النظر أنه بينما تسقط معظم أمطار مرتفعات اليمن ومرتفعات عسير فى جنوب غرب المملكة العربية السعودية فى نصف السنة الصيفى فإن معظم الأمطار التى تسقط فى كل المناطق السهلية المحيطة بها تسقط فى الشتاء . وينطبق هذا على سواحل اليمن الجنوبى وسواحل عمان والسواحل الإفريقية المطلة على جنوب البحر الأحمر وخليج عدن وتشمل سواحل شمال شرق السودان وسواحل اريتريا وجيبوتى وأجزاء من ساحل الصومال والسبب الرئيسى للأمطار الشتوية فى هذه المناطق . هو المنخفضات الجوية التى تتقدم عموما من الغرب

إلى الشرق والتى يصل تأثيرها أحيانا إلى الأطراف الجنوبية للبحر الأحمر ، وذلك عندما ينحرف أحدها نحو الجنوب على امتداد البحر الأحمر حتى يصل إلى أواسط هذا البحر قبل أن يعود للاتجاه شرقاً .

وبالنظر إلى خرائط توزيع المطر فى المناطق المحيطة بالبحر المتوسط ومقارنتها بخرائط الرياح والتضاريس ، نلاحظ الحقائق العامة الآتية :

١ ـــ أنه حيثما تتشابه العوامل المحلية التى تتحكم فى سقوط المطر وتوزيعه ، وخصوصا مايتعلق منها بالتضاريس واتجاه السواحل فإن الأمطار تتناقص عموما على طول سواحل هذا البحر . وعبر المشرق العربى من الغرب إلى الشرق ، فبينما يبلغ معدلها السنوى فى مدينة الجزائر مثلا ٧٥ سم فإنه يبلغ ٤٣ سم فى طرابلس الغرب و ١٩ سم فى الاسكندرية و ٦ سم فى بورسعيد و ٥ سم فى بغداد و ٥ سم فى الكويت ، إلا أن عامل التضاريس واتجاه المنحدرات والسواحل بالنسبة للرياح الممطرة قد يؤدى إلى زيادة الأمطار فى أماكن خاصة وسط أقاليم أقل منها مطرا بكثير .

وبالإضافة إلى التناقص العام للمطر من الغرب إلى الشرق فإنه يتناقص تدريجيا كذلك كلما اتجهنا من الأطراف الشمالية للوطن العربى نحو النطاق الصحراوى ، الذى يعتبر حاجزا مناخيا كبيرا يفصل بين الأقاليم الممطرة شتاء فى الشمال والأقاليم الممطرة صيفا فى الجنوب .

٢ ـــ أن تعاريج السواحل واختلاف اتجاهاتها بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة يؤدى أحيانا إلى تباين توزيع المطر تباينا كبيرا فى قطاعات متجاورة من الساحل ، فبغض النظر عن وجود الجبال بجوار بعض السواحل فإن أى تغيير فى اتجاه الساحل بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة كفيل بأن يؤدى إلى تغير واضح فى كمية المطر ، ففى شمال إفريقيا مثلا نجد أن السواحل المواجهة للشمال الغربى أو الغرب هى أكثر السواحل مطرا ، وخصوصا إذا كانت تكتنفها جبال مرتفعة ، أما أقلها مطرا فهى السواحل المقوسة نحو الجنوب مثل سواحل

الخلجان المتسعة ، والسواحل المواجهة للشرق أو الشمال الشرقى أو الجنوب الشرقى ، وخصوصا إذا كانت الجبال تكتنفها من ناحية الغرب لأنها تكون فى هذه الحالة واقعة فى ظل المطر . فعلى سواحل المغرب العربى مثلا يتراوح معدل المطر السنوى على السواحل التونسية والجزائرية المقوسة نحو الشمال بين ٦٠ و ٨٠ سم ، بينما يتراوح بين ٣٠ و ٥٠ سم على سواحل المملكة المغربية الممتدة إلى الشرق من منطقة الريف الجبلية ماعدا بعض أشباه الجزر البارزة فى البحر مثل شبه الجزيرة التى تقع عليها مدينة مليلة ، والتى تعرف باسم رأس السوارى . كما تقل الأمطار بصورة أوضح على الساحل الشرقى لتونس . وفى شمال ليبيا نجد أن أقل السواحل مطرا هى ساحل سهل الجفارة الذى يبدأ من حدود تونس فى الغرب حتى مدينة الزاوية تقريبا فى الشرق ، وكذلك ساحل خليج سرت بين ميناء مصراته فى الغرب ومدينة أجدابية فى الشرق ، وساحل خليج بمبة الواقع فى ظل المطر بالنسبة لمرتفعات شبه جزيرة برقة وامتداده نحو الشرق حتى الحدود المصرية ، فعلى كل هذه السواحل تتراوح معدلات المطر السنوية بين ١٠ و ١٥ سم . ولهذا السبب فإن الصحارى تمتد عندها حتى تصل إلى شاطىء البحر نفسه . وعلى العكس من ذلك نجد أن الأمطار تزيد بصورة واضحة على النتوء الساحلى الذى تقع عليه مدينة طرابلس وعلى كل السواحل الأخرى البارزة نحو الشمال والمتجه نحو الغرب أو الشمال الغربى ومنها الساحل الممتد بين مدينتى طرابلس والخمس والساحل الشمالى والشمالى الغربى لشبه جزيرة برقه . وتتراوح معدلات الأمطار على كل هذه السواحل بين ٤٠ و ٦٠ سم . وهى تزداد بصفة خاصة على السواحل التى تكتنفها نطاقات جبلية مثل سواحل شبه جزيرة برقة .

وفى شمال مصر تكثر الأمطار نوعا ما على سواحل الدلتا وعلى ساحل الإسكندرية وساحل سيدى برانى ، وهى المناطق التى تتقوس سواحلها نحو الشمال ، وفيها تتراوح المعدلات السنوية بين ١٥ و ٢٠ سم ، بينما لاتزيد عن ١٥ سم فى المناطق الأخرى التى تتقوس سواحلها نحو الجنوب مثل الساحل

الذى يمتد بين بلدة العامرية ومدينة مرسى مطروح ، والذى تقع عليه بلدة الحمام ، وكذلك الساحل الذى يمتد بين دمياط والعريش .

وإذا انتقلنا إلى سواحل فلسطين وسوريا ولبنان نجد أن امتدادها بين الشمال والجنوب يضعها فى مواجهة الرياح الممطرة مباشرة تقريبا ، ولذلك فإنها تكون أكثر مطرا من سواحل شمال مصر وليبيا بصفة عامة . وتزيد الأمطار على سواحل لبنان وسوريا بصفة خاصة بسبب وجود سلاسل الجبال بحذاء الساحل بينما تقل نوعا ما فى جنوب فلسطين لسببين هما : عدم وجود مثل هذه الجبال من ناحية والاقتراب من النطاق الصحراوى الواقع إلى الجنوب منها من ناحية ثانية .

٣ ـ أن تأثير التضاريس على توزيع الأمطار يبدو واضحا فى كل العالم العربى ، فحيثما تكون الجبال ممتدة بموازاة السواحل المواجهة للرياح القادمة من البحر فإن معظم الأمطار تسقط على المنحدرات والسهول الساحلية المواجهة لها وتقل كثيرا بل وربما تنعدم على المنحدرات والسهول الواقعة على الجانب المضاد ، أى فى ظل المطر ، ويظهر هذا التوزيع بوضوح فى كل المناطق الجبلية المجاورة للبحر المتوسط فى سوريا ولبنان وشمال ليبيا والمغرب العربى . كما أن التضاريس المعقدة وانقسام المناطق الجبلية إلى كتل أو سلاسل تفصل بعضها عن بعض وديان أو أحواض منخفضة يؤدى إلى ظهور أنواع مناخية متباينة فى مناطق متجاورة . وينطبق هذا بوضوح على نفس الأقاليم الجبلية السابقة . فعلى معظم المنحدرات الشمالية لسلاسل جبال أطلس التل مثلا يزيد المعدل السنوى للأمطار على ٨٠سم، بينما لايزيد على المنحدرات الجنوبية لنفس السلاسل وفى هضبة الشطوط عن ٣٠ سم ، ولكنه يعود فيزيد قليلا على المنحدرات الشمالية لأطلس الصحراء التى لاتلبث المظاهر الصحراوية الحقيقية أن تسود على منحدراتها الجنوبية . ومن الطبيعى أن ينعكس توزيع الأمطار على كل مظاهر الحياة الطبيعية والبشرية التى تتباين كثيرا فى بعض المناطق المتجاورة . فعلى المنحدرات الشمالية لجبال أطلس التل تتكون الحياة النباتية من غابات دائمة

الخضرة ، بينما تتكون على منحدراتها الجنوبية وعلى هضبة الشطوط والمنحدرات الشمالية لسلاسل أطلس الصحراء من حشائش الاستبس .

وكذلك فى شمال ليبيا تسقط معظم الأمطار على المنحدرات الشمالية والشمالية الغربية لجبال برقه وجبال طرابلس . ولكنها تكثر بصفة خاصة على جبال برقة بسبب مجاورتها للبحر وبروزها فيه بشكل شبه جزيرة كبيرة بينما تقل نوعا ما على جبال طرابلس التى يفصل قطاعها الأوسط والغربى عن البحر سهل متسع هو سهل الجفارة الذى يبلغ أقصى اتساعه فى الغرب ، ولهذا فإن القسم المطير فعلا من جبال طرابلس هو قسمها الشرقى المجاور للبحر . ففى هذا القسم وكذلك على المنحدرات الشمالية والغربية لجبال برقه تتراوح معدلات المطر السنويه بين ٢٥ و ٤٥ سم وفيها تكون الحياة النباتية السائدة عبارة عن غابات أو أحراج دائمة الخضرة بينما تتناقص النباتات كلما ابتعدنا عن البحر حتى تنتهى فى النطاق الصحراوى الممتد إلى الجنوب من الجبال .

وتتكرر نفس الصورة كذلك فى المناطق الجبلية فى شرق البحر المتوسط ، حيث تستأثر المنحدرات الغربية فى سوريا ولبنان بمعظم الأمطار وتكون الحياة النباتية الطبيعية فى جملتها مكونة من غابات وأحراج دائمة الخضرة . وتتناقص الأمطار بسرعة كلما اتجهنا شرقا حيث تظهر مناطق من الحشائش على المنحدرات الشرقية وفى السهول القريبة منها وفى بعض الأحواض المحصورة بين الجبال ثم تتناقص الأمطار وتنتشر المظاهر الصحراوية بسرعة نحو الشرق .

المناطق الممطرة صيفا :

أهم المناطق العربية التى يسودها المطر الصيفى هى جنوب السودان ووسطه والصومال واليمن . ولكل دولة من هذه الدول ظروفها الجغرافية الخاصة التى تحدد نوع الأمطار وكمياتها وتوزيعها الإقليمى والفصلى .

وتوجد فى السودان بالذات أكبر المناطق الممطرة صيفا فى الوطن العربى . فباستثناء أطرافه الشمالية الشرقية المجاورة للبحر الأحمر ، والتى يسقط معظم

مطرها شتاء بسبب بعض المنخفضات الشتوية التى تنحرف نحو الجنوب على طول البحر الأحمر ، فإن الأمطار فى بقية الأقاليم السودانية تسقط فى نصف السنة الصيفى ، إلا أن طول الفصل الممطر يكون فى الجنوب أطول بكثير منه فى الشمال ، فبينما يبلغ طوله بين ١٠ و ١١ شهرا على الحدود الجنوبية للبلاد فإنه يتناقص كلما اتجهنا شمالا حتى يصل إلى شهرين فقط فى الخرطوم ثم يزداد تناقصه حتى ينتهى فى الصحراء، ويرتبط هذا التناقص بحركة الجبهة الاستوائية ITCZ مع حركة الشمس الظاهرية وتناقص فترة تعامدها كلما ابتعدنا عن خط الاستواء .

ومع تناقص طول الفصل الممطر تتناقص كذلك كمية المطر كلما اتجهنا شمالا ، بسبب قصر فصل سقوطها وبسبب تناقص سمك طبقة الهواء البحرى القادم من الجنوب وتناقص فرص تكون السحب تبعا لذلك . ولكن بينما يكون تناقص طول الفصل الممطر منتظما فإن تناقص كمية المطر لاتسير بنفس الانتظام ، لأنها لاتتوقف على حركة الشمس وحدها بل تتوقف كذلك على طبيعة سطح الأرض واتجاه الرياح الممطرة بالنسبة للمنحدرات الجبلية ، ولهذا فإن أمطار المناطق الواقعة فى حضن هضبة الحبشة فى شرق السودان تزيد على أمطار السهول الواقعة على نفس العروض فى وسط البلاد وغربها . لأن وجود حافة هضبة الحبشة فى طريق الرياح الجنوبية الغربية الرطبة يؤدى إلى زيادة الأمطار عليها وعلى الأراضى السودانية المجاورة لها ، كما هو واضح من انحراف خطوط المطر المتساوى نحو الشمال على هذه الأراضى . وبنفس الطريقة فإن وجود المناطق الجبلية المرتفعة فى منطقة منابع بحر الغزال فى جنوب غرب البلاد ، ووجود جبال إيما تونج فى أقصى الجنوب الشرقى قد أدى إلى زيادة أمطار هذه المناطق زيادة واضحة عن أمطار سهول بحر الجبل وبحر الزراف الواقعة فى ظل المطر .

أما الصومال فله ظروفه الخاصة التى أدت إلى نقص أمطاره بدرجة أدت إلى انتشار المظاهر الصحراوية وشبه الصحراوية فى القسم الأكبر منه على الرغم من

موقعه الاستوائي أو شبه الاستوائي ومن طول سواحله المشرفة على المحيط الهندى وخليج عدن ، فمن النادر أن تزيد الأمطار فى أى جزء من أجزائه عن ٤٥ سم بل إنها تنقص فى نطاقات شاسعة منه عن ٢٠ سم ، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب أهمها : ١) وقوعه فى منطقة ظل المطر بالنسبة للهضبة الاستوائية وهضبة الحبشة الواقعتين إلى الغرب منه ، ٢) جفاف الرياح الموسمية الشتوية التى تهب عليه من ناحية آسيا، فحتى بعد مرور بعض هذه الرياح على البحر العربى فإنها تهب على القرن الإفريقى بحذاء الساحل تقريبا ، كما أن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التى تهب عليه فى فصل الصيف تكون هى الأخرى موازية للساحل ، ٣) قلة سمك الهواء المدارى البحرى الذى يصل إلى المنطقة من المحيط الهندى بدرجة لاتسمح لحركة التصعيد التى تحدث فيه بتكوين سحب من النوع الكثيف الذى يكفى لسقوط أمطار غزيرة ، ٤) تعرض الإقليم لتيارات هوائية علوية ساخنة من الهضاب الداخلية ، إذ أن وجود هذه التيارات فى أعلى الجو لايساعد على تكثف بخار الماء الذى تحمله التيارات الهوائية الصاعدة .

وباستثناء السواحل المطلة على خليج عدن والتى تسقط معظم أمطارها القليلة فى الشتاء ، فإن موسم الأمطار فى معظم الصومال هو نصف السنه الصيفى . وينطبق هذا بصفة خاصة على الأجزاء الوسطى من البلاد ، فإذا مااتجهنا جنوبا نجد أن هذا الموسم يزداد طولا ، كما تتزايد الأمطار كلما اقتربنا من خط الاستواء حيث يمتد موسم المطر ليشغل السنة كلها . ولكن الكميات التى تسقط تكون أقل بكثير من المعدلات المألوفة فى المناخ الاستوائى العادى ، حيث لايزيد المعدل السنوى غالبا عن ٤٥ سم فقط . أما السواحل المطلة على خليج عدن فإن أمطارها القليلة يمكن أن تأتى فى أى شهر من شهور السنة إلا أن أشهر الشتاء هى أكثر الأشهر تعرضا لها . وسببها هو نفس سبب أمطار عدن وجيبوتى واريتريا وشمال شرق السودان ، وهو وصول تأثير بعض المنخفضات الجوية التى تنحرف من ناحية البحر المتوسط وتتقدم جنوبا على طول البحر الأحمر .

وتمثل مرتفعات اليمن ومرتفعات عسير فى جنوب غربى المملكة العربية السعودية المنطقة الثالثة التى يسقط أغلب مطرها صيفا . وتعتبر اليمن بصفة خاصه منطقه موسميه بمعنى الكلمه وإن كانت أمطارها أقل فى كميتها من أمطار معظم الأقاليم الموسمية الأخرى فى جنوب وجنوب شرق آسيا ، ومعظم أمطارها وكذلك معظم أمطار عسير أمطار تضاريسية صيفية تسببها الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التى تتقدم من الجنوب الغربى بتأثير مراكز الضغط المنخفض الموسمية التى تتبع الضغط المنخفض الذى يتكون على آسيا عموما فى هذا الفصل .

ومما يستلفت النظر أنه بينما تسقط معظم أمطار مرتفعات اليمن وعسير فى نصف السنة الصيفى فإن معظم أمطار المناطق المنخفضة من حولها ومن بينها سهول تهامة المجاورة للبحر الأحمر تسقط شتاء . وذلك بسبب مواجهة المرتفعات للرياح الرطبة التى تحمل بعض الهواء المدارى البحرى من خليج غانة . حيث يستطيع بعض هذه الرياح أن يعبر السودان وهضبة الحبشة فى مستويات عالية . وهذا يعنى أن معظم المطر الذى يسقط فى الصيف على هذه المرتفعات عبارة عن مطر تضاريسى . وإلى جانب الأمطار الصيفية التى تسقط على هضاب اليمن وعسير تسقط كذلك بعض الأمطار الربيعية التى تحدث غالبا بسبب العواصف الرعدية المحلية التى يسببها نشاط التيارات الهوائية الصاعدة . ولذلك فإن وقت سقوطها يكون عادة بعد الظهر .

تذبذب الأمطار فى معظم أجزاء العالم العربى :

باستثناء المناطق المطيرة فى جنوب السودان وعلى الجوانب البحرية لجبال أطلس والجبل الأخضر فى ليبيا وجبال سوريا ولبنان ومرتفعات اليمن وعسير ، حيث لايؤدى تغير كمية المطر فيها من سنة إلى أخرى إلى حدوث تغيرات كبيرة على مظاهر الحياة الطبيعية والبشرية ، فإن كل المناطق الأخرى فى العالم العربى تعانى من التغير الواضح فى كمية الأمطار وتوزيعها على الأشهر من سنة

إلى أخـــرى بحيث يصعب الاعتماد عليها فى أى تخطيـــط زراعـــى أو رعوى ، ففى شمال مصر وليبيا مثلا يبلغ معدل التغير ٥٠٪ أو أكثر . ولاشك فى أن قلة الأمطار عموما معناه أن أى تغير فى كميتها قد تترتب عليه نتائج كبيرة . ويمكننا أن ندرك التغير الكبير فى نظام المطر إذا استعرضنا على سبيل المثال أمطار أى محطة من المحطات الواقعة على حافة الصحراء خلال عدة سنين . ففى واحة سيوة مثلا نجد أن ٤٣,٢ م قد سقطت بها فى سنة ٤٥/٤٤ ، بينما لم يسقط بها أى شىء خلال ٢١ سنة بين ١٩٠٠ و ١٩٢١ ، ويبلغ المعدل السنوى فيها ١٠,١ م .

وعلى الأطراف الجنوبية للصحراء وفى مناطق الاستبس المجاورة لها يرتفع كذلك معدل تغير المطر ارتفاعا كبيرا ، ففى بورسودان مثلا يبلغ المعدل السنوى ٨٤,٤ م،ومعذلك فإن الأمطار قد انخفضت فى سنة ١٩١٠ إلى ٢٠,٣ م بينما ارتفعت فى سنة ١٩٢٥ إلى ٤٢١,٦ م،وفى تلك السنة سقط ٧١,١ م خلال ٢٤ ساعة . وفى الخرطوم يبلغ المعدل السنوى ١٦٨ م ، ومع ذلك فإن أمطارها قد انخفضت فى سنة ١٩٠١ إلى ٦٣,٥ م بينما ارتفعت فى سنة ١٩٣٨ إلى ٣٨١ م . وفى البصرة يبلغ المعدل السنوى ١٤٤,٤ م ولكن أمطارها انخفضت فى إحدى السنوات إلى ٥٣,٣ م بينما ارتفعت فى سنة أخرى إلى ٣٥٣,١ م ، وسجل فى يوم واحد من الأيام ٨٨,٩ م . وفى الشارقة على الخليج العربى يبلغ المعدل السنوى ١١٥٧ م ، ومع ذلك فقد حدث أن سقط ١١٠,٢ م فى يوم واحد . كما حدث نفس الشىء تقريبا فى البحرين التى يبلغ معدل مطرها السنوى ٨٢,٧ م بينما سجل فى أحد الأيام ٧١,١ م .

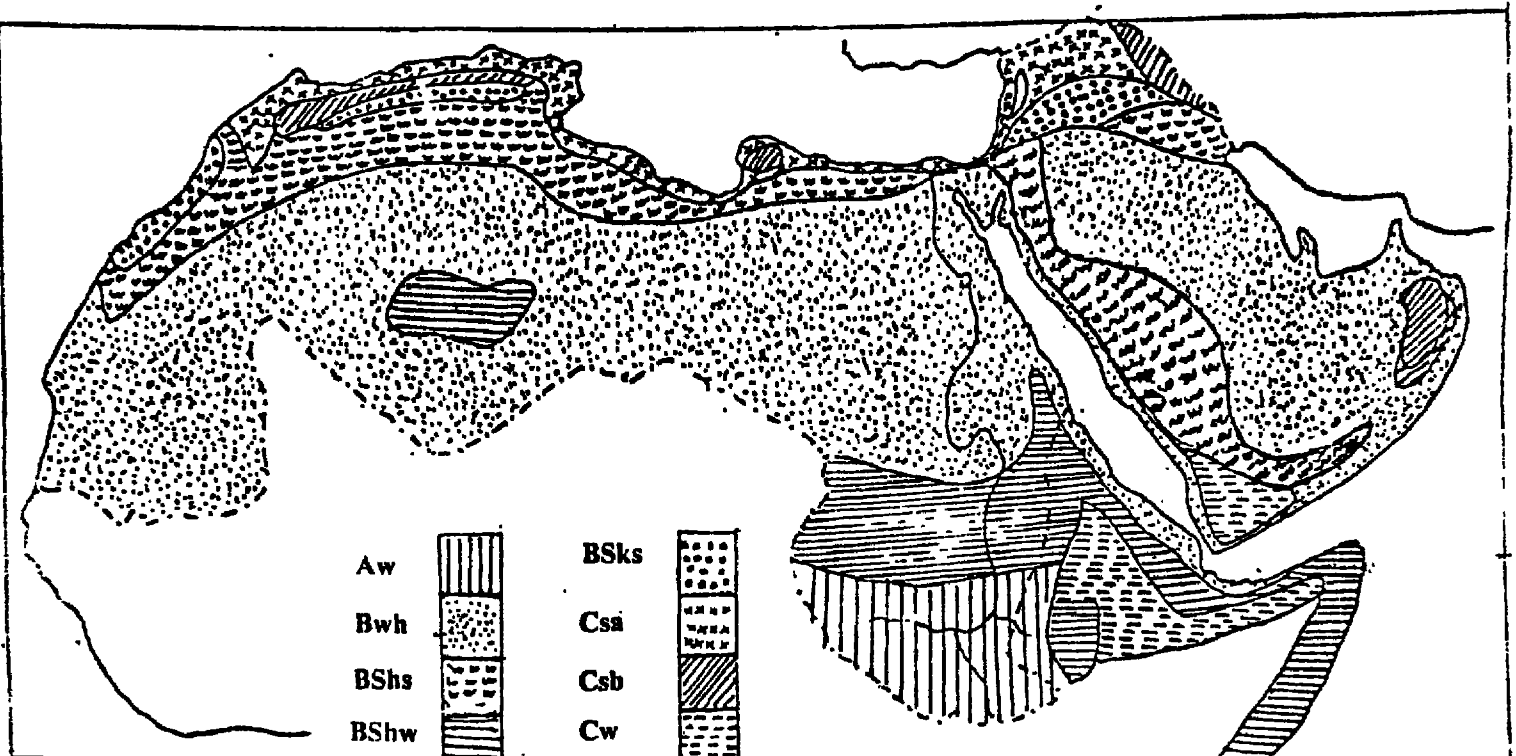
١٣ ـ ٩ ـ الأقسام المناخية للوطن العربى
حسب تقسيم كوبن

إن القسم الأكبر من العالم العربى يدخل ضمن القسم المناخى الكبير "B" فى تقسيم كوبن ، بينما تدخل أجزاء محدودة منه ضمن القسم "A" وأجزاء أخرى ضمن القسم "C" .

وفيما يلى أهم الأنواع المناخية التى توجد فى هذا العالم .

أولا ـ المناخ "A" (الحار الممطر) :

إن النوع الموجود فى العالم العربى من هذا المناخ هو النوع "Aw" وهو الذى يتفق عموما مع النوع المشهور باسم نوع السفانا ، وهو يشمل معظم جنوب السودان ونطاقا كبيرا فى وسطه ، وأهم مايميزه هو وجود فصل جاف فى الشتاء يشغل مابين ثلاثة أشهر فى أقصى الجنوب وسبعة أشهر فى أقصى الشمال . ويمكن اعتبار خط المطر السنوى ٦٠ سم حدا تقريبيا لهذا المناخ من ناحية الشمال . والأمطار فى جملتها من نوع أمطار التصعيد . وهى تتزايد كلما اتجهنا جنوبا ، حتى يصل معدلها فى أقصى جنوب السودان إلى ١٢٠ سم أو أكثر . أما درجة الحرارة فمرتفعة طول السنة ولاينخفض معدلها فى أى شهر من الشهور عن ١٨° مئوية ، بل إنه قد يصل فى بعض الأشهر إلى ٣٠° أو أكثر ، ويحدث هذا عادة فى الشهر أو الشهرين اللذين يسبقان الفصل المطير الرئيسى ، كما هى الحال فى شمال السودان ووسطه ، ولكنه يتناقص تدريجيا نحو الجنوب بسبب تزايد طول الفصل المطير فى هذا الاتجاه مما يؤدى إلى سقوط الأمطار فى كل الأشهر الحارة فلا تكون هناك فرصة للارتفاع غير العادى فى معدل أى منها ، ولذلك فبينما تزيد معدلات بعض الأشهر إلى أكثر من ٣٠° فى المناطق الواقعة إلى الشمال من بحر الغزال فإنها تكاد تصل فى أى شهر من الشهور إلى ٢٩° فى المناطق الواقعة إلى الجنوب منه ، ويبدو هذا



شكل (١٠٧) الأنواع المناخية فى العالم العربى حسب تقسيمات كوبن

واضحا لو قارنا المعدلات الحرارية لبلدة جوبا الواقعة على خط عرض ٥° شمالا تقريبا بنظيراتها فى بلدة تـوزى الواقعة على خط عرض ٣٠ ١٢° شمالا (وهما واقعتان على ارتفاع واحد من سطح البحر)

وإقليم المناخ « A » فى الواقع هو أغنى أقاليم الوطن العربى فى موارده المائية والنباتية وفى إمكانات استخدام أراضيه للتنمية الزراعية والحيوانية ، وقد بدأت فيه بالفعل كثير من مشروعات التنمية الزراعية والصناعية ، ولكن مازالت مشكلاته الصحية ونقص سكانه ، وصعوبة المواصلات بين أجزائه بعضها وبعض ، وبينه وبين بقية البلاد تحول دون تنمية موارده بالسرعة المطلوبة .

وتتدرج النباتات الطبيعية فى هذا الاقليم من حيث الكثافة والتنوع من الجنوب إلى الشمال تبعا لتناقص كمية المطر وتناقص طول الفصل الممطر ، ففى أقصى الجنوب توجد بعض الغابات دائمة الخضرة التى يظهر معظمها حول مجارى الأنهار ، وهذا النوع من الغابات هو الذى يشتهر باسم غابات الدهاليز Gallery Forests :

أما فى الشمال فتسود حشائش السفانا الخشنة التى تختلط بها بعض الأشجار شنضية ، وتتناقص الأشجار وتقل أحجامها كما تتناقص كثافة الحشائش ويقل ارتفاعها كلما اتجهنا نحو الجنوب .

ثانيا : المناخ " BS" :

هذا النوع من المناخ هو الذى يمكن أن يطلق عليه تعبير المناخ شبه الجاف « أو » مناخ الاستبس » . وهو يغطى نطاقات واسعة من العالم العربى . وذلك فى مناطق الانتقال بين المناطق الممطرة والمناطق الصحراوية . ولذلك فإنه يشغل نطاقا متسعا فى وسط السودان بين نطاق السفانا والصحراء ، كما يواصل امتداده فى شمال شرق البلاد حتى سواحل البحر الأحمر . وإلى الشمال من الصحراء الكبرى يعود هذا المناخ للظهور فى نطاق آخر إلى الجنوب من البحر المتوسط فى مصر وليبيا وإلى الجنوب من جبال أطلس فى دول المغرب العربى .

وفى قلب الصحراء الكبرى نفسها يظهر هذا المناخ فى منطقة المرتفعات الوسطى ومن أهمها مرتفعات الحجاز . وفى الجانب الآسيوى من العالم العربى يوجد هذا المناخ حول صحراء شبه الجزيرة العربية من معظم الجهات ، فمن ناحية الشمال يوجد منه نطاق يشمل معظم سهول وسط وغربى العراق وبادية الشام وشمال الأردن ، ومن ناحية الغرب يوجد منه نطاق ممتد من شرق وجنوب فلسطين عبر الحجاز إلى هضاب نجد وحضرموت ، ومن ناحية الجنوب الشرقى توجد منطقة تابعة له فى إقليم عمان .

وتشترك كل هذه المناطق فى أن أمطارها لاتكفى إلا لنمو غطاء خفيف من الحشائش والأعشاب التى يمكن أن تصلح للرعى ولكنها لاتكفى لقيام الزراعة دون الاستعانة بالرى . وهى فى الواقع هى أهم مناطق الثروة الرعوية فى العالم العربى ، كما أن كثيرا منها يمكن أن يستغل للزراعة حيثما تتوفر مياه الرى من الأنهار مثل دلتا نهر النيل والأراضى التى ترويها مياه نهر الفرات وشط العرب . أو من مياه الآبار والعيون ، كما هى الحال فى الواحات التى يوجد عدد كبير منها إلى الجنوب من جبال أطلس وفى شمال ليبيا وشمال مصر . وهناك مجال واسع جدا للتنمية الزراعية فى كل مناطق هذا المناخ إذا ماأحسن استخدام مواردها المائية ، سواء منها الموارد السطحية أو الموارد الجوفية .

وعلى أساس التباين فى المعدلات الحرارية وفى موسم المطر تنقسم المناطق التابعة لهذا المناخ إلى أقسام أصغر كما يأتى :

أ — مناطق حارة صيفا جافة شتاء (BShw) وتشمل معظم الصومال حيث تمثله معظم البلاد الساحلية ، ووسط السودان حيث تمثله الفاشر (فى الغرب) والدويم (فى الشرق) ، ومنطقة هضاب وسط الصحراء ، وفى شبه الجزيرة العربية لايتمثل هذا النوع إلا فى الأطراف الجنوبية المجاورة للبحر العربى فى اليمن الجنوبية وجنوب غرب سلطنة عمان ، كما تمثلها بلدة صلالة العمانية . وفى كل هذه المناطق تشتد حرارة فصل الصيف وخصوصا فى المناطق المنخفضة البعيدة

عن تأثير البحار مثل بلدة الدويم فى شرق السودان ، حيث نجد أن معدل درجة حرارة شهر أبريل الذى يسبق فصل المطر مباشرة يبلغ حوالى ٣٣° م ، ولكن سقوط الأمطار فى الأشهر التالية يؤدى إلى هبوط المعدلات بعض الشىء فى أشهر الصيف نفسها .

ب ـ مناطق حارة جافة صيفا (BShs) ، وهى المناطق التى تخضع لتأثير مناخ البحر المتوسط وتشمل مناطق الاستبس فى شمال مصر وليبيا وجنوب جبال أطلس وامتدادها حتى ساحل المحيط الأطلسى ، كما تشمل مناطق الاستبس فى غرب وأواسط شبه الجزيرة العربية ، وفى وسط العراق وجنوبه وفى الأردن وفلسطين وجنوب سوريا . وتعتبر هذه المناطق كذلك من أهم مناطق الرعى فى العالم العربى ، كما أنها هى أهم مناطق انتاج الشعير ، وحيثما تكون كمية الأمطار مناسبة تزرع بها كذلك محاصيل أخرى أهمها القمح ، وقد اتجهت الأنظار فى معظم الدول العربية إلى تنمية هذه المناطق عن طريق تطوير حرفة الرعى وتربية الماشية وتحسين سلالاتها وعن طريق تشجيع الاستقرار والاهتمام بالإنتاج الزراعى حيثما تسمح الظروف الطبيعية وموارد المياه بذلك .

جـ ـ مناطق معتدلة جافة صيفا (BSks) وهى تقع إلى الشمال من المناطق السابقة (BShs) وتشمل قسما من بادية الشام وشمال الأردن وغربى العراق ، وهى المناطق التى تشكل الإطار الداخلى للهلال الخصيب حيث تبدأ الصحارى بعده امتدادها الشاسع نحو الجنوب فى أواسط الجزيرة العربية وجنوبيها ، وفيها تسقط الأمطار فى الشتاء بمعدلات تكفى لنمو حشائش تصلح للرعى ، ولهذا فإن هذه المناطق تعتبر من أهم مناطق الرعى فى الجزيرة العربية ، وهى لاتختلف كثيرا فى حرارتها عن الصحارى المجاورة لها ، ففيها يرتفع المدى الحرارى وتشتد حرارة فصل الصيف كما تشتد برودة فصل الشتاء ، وكثيرا ماتتعرض هذه المناطق لعواصف ثلجية شديدة فى فصل الشتاء بسبب وصول هواء قطبى قارى من شمال أوراسيا فى مؤخرة المنخفضات الشتوية العميقة .

ثالثا ــ المناخ "BW" (الصحراوى) :

يشغل هذا المناخ مساحات شاسعة فى العالم العربى ، بل إنه يشغل أكثر من ٩٥٪ من مساحات بعض الدول العربية مثل الجزائر وليبيا ومصر والمملكة العربية السعودية ، وتشترك كل الصحارى العربية فى جفافها وشدة حرارتها فى الصيف وارتفاع مداها الحرارى الفصلى واليومى ، وفى قصر الفصلين الانتقاليين (الربيع والخريف) بها وفى ندرة سحبها وقوة الإشعاع الشمسى بها وفى كثرة ماتتعرض له من عواصف رملية وترابية ، وخصوصا فى فصل الربيع عندما يصلها من الشمال هواء بارد نسبيا بعد أن يكون سطحها قد بدأ يسخن ويجف وتنشط فوقه التيارات الصاعدة ، وتتخلل هذه الصحارى بعض المناطق الجبلية التى تجتذب بعض الأمطار التى قد تكفى لجريان الماء فى بعض الأوديه ، ولظهور بعض الواحات عند مصباته ونمو بعض الحشائش على المنحدرات وفى الأراضى التى تنصرف نحوها المياه ، ومن أكبر هذه المناطق مناطق جبال الحجار فى الصحراء الكبرى .

ويرتبط موسم الأمطار القليلة التى تسقط على أطرف هذه الصحارى بموسم سقوطها فى الأقاليم الممطرة المجاورة لها ، ففى الصحارى الواقعة على أطراف مناخ البحر المتوسط فى أواسط ليبيا وأواسط الجزائر تأتى معظم الأمطار فى الشتاء وهنا يظهر نوع المناخ BWhs أى الجاف فى الصيف أما فى الجنوب حيث تتدرج الصحارى إلى مناخ السفانا ، كما هى الحال فى موريتانيا وتشاد وشمال السودان ، فيظهر نوع المناخ BWhw أى الجاف فى الشتاء .

رابعا ــ المناخ "C" (المعتدل) :

ويوجد منه نوعان هما :

١) نوع ممطر شتاء وجاف صيفا Cs ، ويشمل كل المناطق المجاورة لسواحل البحر المتوسط فى شمال إفريقيا ، ويختلف اتساعها من منطقة إلى أخرى حسب تعاريج السواحل وتضاريس الأراضى المجاورة له ، وتبلغ أقصى

اتساعها فى بلاد المغرب وفى شمال ليبيا ومصر ، كما يشمل كل فلسطين ولبنان ومعظم سوريا وإقليم عمان فى أقصى جنوب شرق شبه الجزيرة العربية .

وتختلف درجة الحرارة فى هذا النوع على حسب التضاريس ففى المناطق السهلية يظهر النوع Csa أى شديد الحرارة ، أما على المرتفعات وأهمها جبال أطلس والجبل الأخضر فى ليبيا وجبال لبنان فيظهر النوع Csb المعتدل صيفا .

٢) نوع يسقط مطره صيفا Cw ، ويوجد على المرتفعات الواقعة فى الأقاليم المدارية أو بالقرب منها وأهمها هضبة اليمن والأجزاء المرتفعة فى الصومال واثيوبيا .

١٤

الجغرافيا النباتية

١٤ ــ ١ ــ العوامل التى تتحكم فى نمو النباتات وتوزيعها

١٤ ــ ١ ــ ١ ــ العوامل المناخيه

ــ الأمطار وقيمتها الفعلية .

ــ الحدود التى اقترحها كوبن للأقاليم النباتية .

ــ الحدود التى اقترحها ديمارتون للأقاليم المناخية والنباتية .

ــ الحدود التى اقترحها ثورنثويت .

ــ الحرارة وقيمتها الفعلية بالنسبة لحياة النبات .

ــ الضوء .

١٤ ــ ١ ــ ٢ ــ التربة .

ــ مواد التربة .

ــ العوامل التى تتدخل فى تكوين التربة .

ــ القطاع الرأسى للتربة .

ــ نضوج التربة .

ــ تصنيف التربة وأقسامها الكبرى .

١٤ ــ ٢ ــ النباتات الطبيعية وتوزيعها العام .

ــ المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية

١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ الغابات

ـ مناخ الغابات .

ـ أنواع الأشجار .

ـ الأنواع الرئيسية للغابات وتوزيعها الجغرافى

١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ١ ـ الغابات المدارية

ـ الغابات المدارية المطيرة

ـ الغابات المدارية شبه النفضية

ـ الغابات الساحلية (المانجروف) .

ـ الأحراج والغابات الشوكية

ـ الحياة الحيوانية فى الغابات المدارية

١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ٢ ـ الغابات المعتدلة الدافئة

ـ غابات البحر المتوسط

ـ الغابات الرطبة الدافئة فى شرق القارات

١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ٣ ـ الغابات المعتدلة الباردة

ـ الغابات النفضية

ـ الغابات الصنوبرية

١٤ ـ ٢ ـ ٢ ـ الحشائش

١٤ ـ ٢ ـ ٢ ـ ١ ـ السفانا

١٤ ـ ٢ ـ ٢ ـ ٢ ـ الاستبس

١٤ ـ ٢ ـ ٣ ـ الصحارى

١٤ ـ ٢ ـ ٤ ـ التندرا

١٤ ـ ٢ ـ ٥ ـ نباتات الجبال

١٤

الجغرافيا النباتية

١٤ ـــ ١ ـــ العوامل التى تتحكم فى نمو النباتات وتوزيعها

ليست الحياة النباتية التى تنمو طبيعيا فى أى إقليم من الأقاليم إلا نتيجة لتفاعل عدد من العوامل الطبيعية التى تتعلق فى جملتها بالأحوال المناخية السائدة .. وتعتبر التربة كذلك من أهم العوامل التى تتدخل فى حياة النباتات ، وإن كان من الثابت أن التربة نفسها تستمد معظم خواصها من الظروف المناخية كما سنبين بعد قليل .

١٤ ـــ ١ ـــ ١ ـــ العوامل المناخية :

تعتبر المياه والحرارة والضوء أهم عناصر المناخ التى تؤثر بطريق مباشر أو غير مباشر فى حياة النباتات ، وفيما يلى عرض مختصر للدور الذى يقوم به كل منها .

الأمطار وقيمتها الفعلية Precipitation Effectiveness

أن أهمية المياه وضرورتها لقيام أى نوع من أنواع الحياة فوق سطح الأرض معروفة ومسلم بها ، والمصدر الأصلى للمياه العذبة هو الأمطار وغيرها من مظاهر التساقط ، وكلما توافرت هذه المياه فى منطقة من المناطق ، كان هذا أدعى إلى ظهور حياة نباتية غنية ، ويكفى للدلالة على ذلك أن نقارن بين خريطتين للعالم إحداهما تبين توزيع المعدلات السنوية للمطر ، والأخرى تبين توزيع الحياة النباتية الطبيعية ، حيث نرى بوضوح أن الأقاليم ذات الأمطار

الغزيرة هى غالبا نفس الأقاليم التى تتميز بحياة نباتية غنية ، كما هى الحال فى مناطق الغابات الاستوائية والغابات الموسمية والغابات النفضية ، أما الأقاليم التى لاتكفى أمطارها لنمو الغابات فإن نباتاتها الطبيعية تكون عادة مكونة من حشائش تختلف فى كثافتها وارتفاعها على حسب كمية الأمطار . وتظهر الصحارى بطبيعة الحال فى الأقاليم التى لاتكفى أمطارها لنمو الغابات أو الحشائش .

ومن الحقائق المعروفة أن الحياة النباتية والحيوانية بما فى ذلك الإنسان لايمكنها بأى حال من الأحوال أن تستفيد بكل مايسقط من الأمطار فوق سطح الأرض ، لأن نسبة كبيرة جدا من الأمطار تضيع بوسائل مختلفة كأن تنصرف عن طريق الأنهار والمجارى المائية إلى البحار والمحيطات ، أو تتسرب فى شقوق القشرة الأرضية وتصل إلى أعماق بعيدة يصعب الوصول إليها ، وهذه المياه المتسربة فى شقوق القشرة ينتهى معظمها إلى البحار والمحيطات أيضا ، وتضيع كذلك نسبة عظيمة جدا من مياه الأمطار بالتبخر عند انحدارها فوق سطح الأرض أو عند تجمعها فى الحفر والمنخفضات والبحيرات والأنهار ، أو بالتبخر من سطح التربة التى تتسرب فيها ، ويعتبر النتح من النباتات كذلك من أهم الوسائل التى تضيع بواسطتها مقادير كبيرة جدا من المياه .

ومن الواضح أن القيمة الفعلية للأمطار تتوقف بصفة عامة على مقدار مايضيع من هذه الأمطار بالوسائل سابقة الذكر ، وهذه الحقيقة مهمة جدا بالنسبة للتقدم العمرانى ، ففى بعض الأقاليم قد تكون كمية المطر التى تسقط فى فصل معين أو طول السنة كافية لقيام حياة عمرانية وزراعية مناسبة ، بينما لاتكفى نفس الكمية فى أقاليم أخرى لقيام أى نوع ذى قيمة من أنواع الحياة .

ويعتبر التبخر والنتح فى الواقع أخطر الوسائل التى تضيع بها مياه الأمطار ويرجع ذلك إلى عظم الكميات التى تضيع بواسطتهما من جهة ، واستحالة

الاستفادة بهذه الكميات بأى صورة من الصور (الا إذا تكثفت من جديد) من جهة أخرى ، أما المياه التى تنحدر فى مجارى الأنهار أو تتسرب فى باطن الأرض فمن الممكن التحكم فيها واستغلال معظمها لأغراض الرى والشرب وغيرها ، وإن كان ذلك يتطلب فى كثير من الأحيان مجهودات شاقة وتكاليف باهظة . ولهذا فان دراسة التبخر والنتح تعتبر متممة لدراسة الأمطار ، بمعنى أن كمية الأمطار التى تسقط فى منطقة من المناطق لاتكفى وحدها لتحديد الأثر الواقعى لهذه الكمية بالنسبة لحياة النبات والإنسان والحيوان ، أو بالنسبة لجريان المياه وتصريف الأنهار ، لأن هذا الأثر يتوقف من ناحية أخرى على مقدار مايعود من الأمطار إلى الجو بواسطة التبخر والنتح .

إلا أن قياس أو تقدير المياه التى تضيع بالتبخر والنتح معا، وهو ماسميناه «بالتبخر الكلى» لازال فى حداثته من أعقد المشاكل التى ليست لها فى الوقت الحاضر أسس ثابتة واضحة ، ولهذا فإن كثيرا من الباحثين فى علوم المناخ والنبات والهيدرولوجيا حاولوا أن يقدروا القيمة الفعلية للأمطار بطرق رياضية معينة . ولما كانت درجة الحرارة هى العنصر الرئيسى الذى يتخذ فى الوقت الحاضر أساسا لتقدير « التبخر الكلى » رأى كثير من الباحثين أنها يمكن أن تتخذ كذلك أساسا لتقدير القيمة الفعلية للأمطار . ومن الواضح أن هذه القيمة تتناسب تناسبا عكسيا مع درجة الحرارة، وذلك لأنه كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت كمية المياه المفقودة .

ومن هنا تظهر لنا أهمية معرفة نظام سقوط الأمطار وتوزيعها على أشهر وفصول السنة ، فقد يحدث مثلا أن تتساوى كمية المطر السنوية فى منطقتين ، ولكنها تسقط فى أحداهما أثناء الفصل الحار ، بينما تسقط فى الأخرى أثناء الفصل البارد ، ولذلك فإن تأثيرها لايكون واحدا فى المنطقتين ، فإذا افترضنا أن اشتداد البرودة أثناء الفصل البارد لايترتب عليه وقف نمو النباتات ، فأن القيمة الفعلية للأمطار تكون فى الفصل البارد أعلى منها بكثير فى الفصل الحار .

ومعنى ذلك أن مجرد معرفة كمية الأمطار التى تسقط فى منطقة من المناطق

لاتفيدنا كثيرا إلا إذا عرفنا توزيع هذه الكمية على شهور السنة ، وإلى أى حد تتفق مع أشهر الحرارة أو البرودة ، ومبلغ ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها فى أشهر سقوطها ، ومدى اتفاق ذلك مع الفصل الذى تنمو فيه النباتات ، لأن كل ذلك له أهمية خطيرة من الوجهة الجغرافية ومايترتب عليها من نتائج اقتصادية ، ولبيان أهمية ذلك نذكر مثلا أنه على الساحل الغربى للهند (حول بمباى) يسقط من الأمطار حوالى ١٨٠ سنتيمترا ، ولكن سقوطها كلها تقريبا يكون فى أربعة أشهر فقط ، من يونيو إلى سبتمبر ، مما يؤدى إلى ضياع نسبة كبيرة منها بالتبخر بسبب اشتداد الحرارة ، بينما تنعدم الأمطار ويسود الجفاف فى باقى شهور السنة وتشتد حاجة النباتات للماء .

وثمة مثال آخر يوضح مبلغ تدخل درجة الحرارة فى تحديد القيمة الفعلية للأمطار ، أن النبات الواحد قد يحتاج لنموه فى منطقة ما إلى كمية معينة من مياه الأمطار ، ولكنه يحتاج إلى كمية أكبر من ذلك لكى ينمو فى منطقة أخرى أشد حرارة من الأولى ، فالقمح مثلا تجود زراعته فى الهند فى المناطق التى لاتقل أمطارها عن ٧٥ سنتيمترا ، أما فى بريطانيا فإن زراعته لاتجود فى المناطق التى يرتفع فيها المعدل عن هذا المقدار لأن زيادة الأمطار عن هذا المقدار كثيرا ماتكون سببا فى تلف المحصول ، كما يلاحظ أن نفس المحصول يزرع بنجاح فى جنوب غرب استراليا فى بعض المناطق التى يبلغ متوسط أمطارها ٢٥ سنتيمترا فقط ، والسر فى هذا هو أن هذه الأمطار تسقط كلها تقريبا أثناء الفصل الذى ينمو فيه النبات .

والمحاولات التى قام بها الباحثون فى علوم المناخ والنبات والهيدرولوجيا لتقدير القيمة الفعلية للأمطار ، وعلاقتها بالحياة النباتية والحيوانية ونظام جريان الأنهار وغير ذلك من المظاهر المرتبطة بسقوط الأمطار متعددة جدا ، وكثير منها مبنى على قواعد رياضية معقدة لن نحاول التعرض لها ، وسنكتفى بالإشارة إلى بعض المعادلات البسيطة التى اقترحها بعض علماء المناخ لتحديد الأقاليم

النباتية العامة على أساس مايمكن أن تستفيد به النباتات عموما من مياه الأمطار بعد تقدير مايضيع منها بالتبخر والنتح

الحدود التي اقترحها كوبن للأقاليم النباتية : يعتبر كوبن « W. Koppen » الألمانى من أولى الباحثين الذين حاولوا تحديد الأقاليم النباتية على أساس العلاقة بين الأمطار ودرجة الحرارة ، وقد كان هدفه الأول هو تحديد الأقاليم الجافة التى لاتظهر فيها حياة نباتية تذكر ، مع ملاحظة أن المقصود بالحياة النباتية هنا هو الحياة النباتية الطبيعية أو الزراعية ، التى تعتمد فى نموها على الأمطار ، وذلك بصرف النظر عن الإنتاج الزراعى الذى يقوم فى بعض الأقاليم ذات المناخ الجاف على الرى بمياه الأنهار أو الآبار . والأقاليم الجافة فى نظر كوبن هى الأقاليم التى يكون معدل كمية الأمطار السنوية فيها أقل من معدل درجة الحرارة (بالدرجات المئوية) مضافاإليه معامل ثابت هو ٧ ، كما فى المعادلة الآتية[1] :

$$P = (T + 7)$$ أو م = (ح + ٧)

على اعتبار أن P (أو م) هى معدل المطر بالسنتيمترات و T (أو ح) هى معدل درجة الحرارة بالدرجات المئوية .

أما إذا زادت م عن (ح + ٧) فان الاقليم يكون صالحا لنمو الحشائش التى من نوع الاستبس ، وكلما كثرت الأمطار ازدادت هذه الحشائش كثافة حتى إذا ماماأصبحت م = ٢ (ح + ٧) أو أكثر أخذت الغابات فى الظهور .

---

(١) السبب فى اضافة المعامل الثابت ٧ هو أن كوبن يعتبر أن درجة حرارة (— ٧ مئوية) هى أدنى درجة حرارة يمكن أن يستفيد عندها أى نوع من أنواع النباتات بمياه الأمطار وذلك لأن الأمطار التى تسقط فى مثل هذه الدرجة أو دونها تكون دائما على شكل ثلج ، فضلا عن أن التربة نفسها تكون متجمدة ، ولهذا فان كوبن لايحسب القيمة الفعلية للأمطار فى المناطق التى يقل معدل درجة حرارتها عن (— ٧° م) وقد رأى بناء على هذا أن يضيف عدد ٧ باستمرار إلى درجة الحرارة حتى لاتنخفض النتائج التى يحصل عليها عند حساب القيمة الفعلية للأمطار عن « صفر » لأن هذه القيمة لايصح أن تكون سلبية ، فلا يمكن مثلا أن نقول أن القيمة الفعلية للأمطار هى — ٥ ، لأن هذه القيمة أما أن تكون معدومة فتكون فى هذه الحالة صفرا وأما أن تكون أعلى من ذلك .

ويلاحظ أن الحدود السابقة يقترحها كوبن للأقاليم التي تكون الأمطار فيها موزعة على جميع أشهر السنة تقريبا ، أما إذا كانت الأمطار كلها أو معظمها تسقط فى فصل الحرارة (الصيف) ، فإن مايضيع منها بالتبخر يكون أكبر بطبيعة الحال مما لو كان معظمها يسقط فى فصل الشتاء وهو فصل البرودة ، ففى حالة سقوط معظم الأمطار فى فصل الصيف يجب أن تكون م = (ح + ١٤) على الأقل حتى يمكن أن تنمو الحشائش ، ويجب أن تكون م = ٢ (ح + ١٤) على الأقل لكى تنمو الغابات ، أما إذا كانت معظم الأمطار تسقط شتاء فإن نمو الحشائش يحتاج إلى أن تكون م = ح ، أما نمو الغابات فيحتاج إلى أن تكون م = ٢ ح على الأقل .

وجميع هذه الحدود توجد ملخصة فى الجدول (٤٠) وموضحة بالشكل (٦٨) .

جدول (٤٠) ملخص الحدود التى اقترحها كوبن للأقاليم النباتية الرئيسية
(م = المطر بالسنتيمترات ، ح = معدل الحرارة بالدرجات المئوية)

	مناطق مطرها طول العام	مناطق مطرها صيفى	مناطق مطرها شتوى
صحراء			
	م = ح + ٧	م = ح + ١٤	م = ح
استبس			
	م = ٢ (ح + ٧)	م = ٢ (ح + ١٤)	م = ٢ ح
غابات			

الحدود التى اقترحها ديمارتون للأقاليم المناخية والنباتية :

يرى ديمارتون « de Martonne » أن القيمة الفعلية للأمطار أو كما يسميها « معامل الجفاف Aridity Index » فى أى منطقة من المناطق يمكن حسابها بالمعادلة الآتية :

$$Y = \frac{P}{\text{:0}} \quad \text{أو} \quad \left(\text{ق} = \frac{\text{م}}{\text{ح} + ١٠} \right)$$

وذلك على اعتبار أن Y (ق) هى القيمة الفعلية للأمطار و P (م) هى معدل المطر السنوى بالمليمترات و T (ح) هى معدل الحرارة بالدرجات المئوية ، أما الرقم ١٠ فهو معامل ثابت .

وعلى أساس قيمة ق التى يمكن الحصول عليها بالمعادلة السابقة اقترح ديمارتون الحدود الآتية للأقاليم النباتية والمناخية المختلفة :

قيمة ق (القيمة الفعلية للأمطار أو معامل الجفاف)	نوع المناخ والحياة النباتية
أقل من ٥	مناخ جاف ــ صحراء
من ٥ إلى ١٠	مناخ شبه جاف ــ حشائش فقيرة
من ١٠ إلى ٢٠	مناخ رطب نسبيا ــ استبس
من ٢٠ إلى ٣٠	مناخ رطب ــ حشائش غنية مختلطة بالأشجار
أكثر من ٣٠	مناخ شديد الرطوبة ــ غابات

ويلاحظ أن معادلة ديمارتون يمكن استخدامها أيضا لمعرفة القيمة الفعلية للأمطار التى تسقط فى شهر واحد ، وفى هذه الحالة يجب أن تكون قيمة P (م) هى كمية المطر التى تسقط فى الشهر بالمليمترات و T (ح) هى متوسط درجة الحرارة فى نفس الشهر ، كما يجب أن نضرب القيمة الناتجة (Y أو ق) × ١٢ لكى نستطيع مقارنتها بالحدود السابقة .

فمثلا إذا كان معدل الأمطار فى يناير هو ٣٠ ملليمترا ومعدل درجة الحرارة ١٥° م فإن القيمة الفعلية للأمطار (ق) فى هذا الشهر تكون :

$$ق = \frac{٣٠}{١٥+١٠} = \frac{٦}{٥}$$

وبضرب هذه القيمة × ١٢ تكون النتيجة ١٤,٤ ، وبمقارنة هذه النتيجة بالحدود السابقة نجد أن هذا الشهر يعتبر رطبا نسبيا .

وإذا فرضنا أن نفس الكمية من الأمطار سقطت فى أغسطس وأن درجة حرارة هذا الشهر هى ٣٠° م فان القيمة ق = $\frac{٣٠}{٣٠ + ١٠} = \frac{٣}{٤}$ ، وبضربها × ١٢ تكون النتيجة ٩ ، وبناء على ذلك يعتبر شهر أغسطس شبه جاف وهكذا .

الحدود التى اقترحها ثورنثويت :

تعتبر الأبحاث التى قام بها الباحث الأمريكى ثورنثويت فى الثلاثينات والأربعينات من هذا القرن أهم الأبحاث التى ظهرت حتى الآن فى علم المناخ النباتى بصفة عامة وفى تحديد القيمة الفعلية للأمطار وعلاقتها بمشاكل المياه والإنتاج الزراعى بصفة خاصة . وهذا الباحث هو صاحب فكرة التوازن المائى « Water Balance » ، التى تعتبر فى الوقت الحاضر من الأركان المهمة فى الدراسات الهيدرولوجية الحديثة . ولايتسع المجال هنا لدراسة آراء ثورنثويت بالتفصيل ، ولكننا سنشير اشارة سريعة إلى بعض نتائجها البسيطة التى وردت فى تقسيمه للعالم إلى أقاليم مناخية فى سنة ١٩٣٣ .

ففى هذا التقسم رأى أن القيمة الفعلية للأمطار فى الشهر يمكن حسابها بالمعادلة : $\frac{10}{9}(\frac{P}{T, + 10})$ على اعتبار أن P هى كمية المطر بالبوصات و T درجة الحرارة فى الشهر بالدرجات الفهرنهيتية . أما القيمة الفعلية للسنة نبها « PE » فهى مجموع القيم الفعلية لجميع الأشهر . وعلى أساس قيمة « PE » وضع ثورنثويت الحدود الآتية للأقاليم المناخية والنباتية :

قيمة PE	نوع المناخ		النبات الطبيعى
١٢٨ فأكثر	دائم الرطوبـــــة	Wet	غابات مطيرة
٦٤ ــ ١٢٧	رطب	Humid	غابات
٣٢ ــ ٦٣	دون الـــرطب	Subhumid	حشائش
١٦ ــ ٣١	شبه جاف	Semiarid	استبس
أقل من ١٦	جاف	Arid	صحراء

إلا ثورنثويت اقترح بعد ذلك فى سنة ١٩٤٨ تقسيما آخر بناه على اساس أن القيمة الفعلية للأمطار لاتتحدد فقط على أساس معرفة مايضيع فعلا منها بالتبخر الكلى ، بل على أساس مايمكن أن يضيع لو كانت الأرض مكسوة بغطاء متصل من النباتات وكانت المياه فيها متوفرة باستمرار، ويعرف التبخر الكلى فى هذه الظروف باسم « التبخر الكلى الأقصى » "Potential evapotranspiration" .

وأخيرا يجب أن نوجه النظر إلى أن الحدود المختلفة التى توضع على أساس أى معادلة من المعادلات السابقة أو غيرها إنما تدل فقط على كفاية الأمطار لقيام نوع معين من الحياة النباتية إذا فرض أن ظروف التربة ودرجة الحرارة لاتعوق نموه ، ومعنى ذلك بعبارة أخرى أننا عند دراسة الحياة النباتية وتوزيعها على سطح الأرض يجب ألا ننظر إلى كمية الأمطار وقيمتها الفعلية أو إلى درجة الحرارة وقيمتها الفعلية فقط بل يجب أن ندرس جميع العوامل التى تؤثر فى حياة النبات ، سواء منها ماهو مناخى أو ماهو متعلق بنوع التربة ومدى صلاحيتها لنمو النباتات .

كيف تتحايل بعض النباتات على تحمل الجفاف : يلاحظ عند الكلام على حاجة النباتات للماء ، أن بعض الأنواع النباتية لها صفات تساعدها على تحمل الجفاف فى الأقاليم ذات الأمطار القليلة أو الأقاليم التى تتميز بوجود فصل جاف طويل ، ومن هذه النباتات ماينفض أوراقه فى فصل الجفاف ثم يعود للاخضرار فى فصل المطر ، ومن أمثلتها كثير من الأشجار التى تنمو فى الأقاليم الموسمية حيث ينقطع سقوط الأمطار فى بعض أشهر الشتاء ، ومن هذه النباتات أيضا مايمتاز بمقدرته على خزن الماء إما فى أوراقه أو فى جذوره للاستفادة به فى فترات الجفاف ، ومنها ماتكون أوراقه شوكية أو صغيرة جدا ، أو تكون مغطاة بطبقة شمعية أو طبقة من الأهداب الدقيقة حتى لاتضيع عن طريقها مقادير كبيرة من الماء بواسطة النتح ، وهذه الأنواع النباتية هى التى تنمو فى المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية بصفة عامة ، وهناك غير ذلك نباتات لها جذور طويلة تستطيع أن تستفيد بواسطتها من رطوبة الطبقات العميقة من التربة أو من طبقة المياه الباطنية ، ومثال ذلك أشجار الزيتون التى تزرع بكثرة فى الجهات قليلة الأمطار من حوض البحر المتوسط . ويلاحظ فضلا عن ذلك أن بعض النباتات يمكنها أن تستفيد ببخار الماء الذى فى الجو ، أو بالندى الذى يتكون فوق أوراقها . ومعظم هذه النباتات صغيرة الحجم ولاتعلو كثيرا عن سطح الأرض .

وعلى العكس من ذلك نجد أن نباتات الأقاليم غزيرة الأمطار تتميز ببعض الصفات التى تساعدها على التخلص من الماء الزائد عن حاجتها بواسطة النتح ، ولهذا فانها تكون غالبا كثيرة الأوراق ، كما تكون الأوراق نفسها كبيرة الحجم وكثيرة المسام ، وفضلا عن ذلك فان جذور معظم النباتات تكون قصيرة نسبيا ، مما يقلل من مقدرتها على امتصاص الماء ، كما يغلب أن تكون جذوع الأشجار طويلة ، لأن هذا من شأنه أن يساعد على تنظيم وصول الماء إلى الأوراق .

الحرارة وقيمتها الفعلية بالنسبة لحياة النبات :

Temperature Efficiency:

ليس من شك فى أن الحرارة هى أحد العناصر الرئيسية التى تلزم لقيام أى نوع من أنواع الحياة فوق سطح الأرض ، ولكن يلاحظ أن أثرها على تنوع فصائل النباتات يكون أوضح من أثرها على المظهر العام للحياة النباتية ، فالغابات والحشائش توجد فى كل المناطق الحرارية تقريبا مابين خط الاستواء من جهة والدائرة القطبية من جهة أخرى ، إلا أن الفصائل التى تتألف منها الغابات والحشائش فى المناطق الحارة تختلف فى جملتها عن الفصائل التى تتألف منها الغابات والحشائش فى المناطق المعتدلة . والواقع أن العلاقة بين درجة الحرارة وحياة النباتات لاتزال غير محددة تحديدا دقيقا واضحا ، فعلى الرغم من أننا نعرف عموما أن ارتفاع درجة الحرارة يساعد على نشاط نمو النباتات ، فانه لايشترط أن يؤدى كل ارتفاع فى درجة الحرارة إلى ازدياد سرعة النمو أو يؤدى كل انخفاض فيها إلى بطء هذا النمو ، كما لايشترط أن تكون سرعة النمو بالنسبة لجميع أنواع النباتات أو حتى بالنسبة للنوع الواحد متساوية فى درجة الحرارة الواحدة ، أو أن تكون أصلح درجة لنمو النبات الواحد واحدة فى جميع مراحل نموه . ولهذا فإن درجة الحرارة لاتكفى بمفردها لاعطاء فكرة صحيحة عن الأثر الحقيقى الذى تتركه فى مظاهر النمو المختلفة، وقد أوضح لفنسجتون E. Livingston هذه الحقيقة فى سنة ١٩١٣ وذكر أنه من الواجب على الباحثين أن يحاولوا الوصول إلى طريقة يمكن بواسطتها تقدير القيمة الفعلية لدرجات الحرارة المختلفة بالنسبة لحياة النباتات (١) ورأى أنه من الممكن تقدير هذه القيمة بطريقتين هما :

---

(١) Livingston, B. E. "Physical Temperature Indices for the Plant Growth in Relation to climatic Conditions ", Physical Rev. vol., 1, 1916, pp. 370- 420.

١ ـ الطريقة التجريبية ، أى باجراء تجارب معينة على أنواع مختلفة من النباتات لتقدير سرعة نموها فى درجات الحرارة المختلفة ، ورغم أن إجراء مثل هذه التجارب يعتبر عموما من اختصاص الباحثين فى علم النبات فإن هذا يجب ألا يحول بين الجغرافيين وبين الاستفادة بنتائجها حتى تكون دراستهم أكثر دقة وواقعية . وهذا فى الحقيقة هو أحد الاتجاهات الحديثة فى دراسة المناخ .

٢ ـ تحديد فصل النمو « Growing Season » وتقدير مجموع الوحدات أو الدرجات الحرارية التى تتجمع خلاله فوق أدنى درجة حرارة ملائمة لنمو النبات ، وهى الدرجة التى يطلق عليها عادة اسم « صفر النمو Zero Point of Growth » ويطلق على مجموع الدرجات الحرارية التى تتجمع فوق هذا الصفر اسم « الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature » :

أولا ـ الطرق التجريبية لتقدير القيمة الفعلية لدرجة الحرارة :

يعتبر القانون الذى وضعه فانهوف « Van't Hoff » حوالى سنة ١٨٨٢[١] من أهم القوانين الكيميائية التى استفاد بها الباحثون فى العلاقة بين حياة النبات والبيئة الطبيعية ، حتى أنه لايزال رغم قدمه من الأسس التى يعتمد عليها هؤلاء الباحثون فى دراساتهم . وملخص هذا القانون هو أن التفاعلات الكيميائية فى النبات يزداد نشاطها كلما ارتفعت درجة الحرارة ، ويتبع ذلك زيادة فى سرعة نمو النبات بحيث تتضاعف هذه السرعة كلما زاد متوسط درجة الحرارة بمقدار ١٠° مئوية ، فإذا فرضنا أن سرعة نمو نبات معين (يكون قد بدأ نموه فى درجة حرارة ٦° مئوية) هى ١° مثلا فإنها تصبح ٢ فى درجة حرارة ١٦° م و ٤ درجة ٢٦° م وهكذا حتى تصل إلى أقصاها فى درجة حرارة معينة هى التى يمكن اعتبارها أصلح درجة لنمو النبات، فإذا ماارتفعت درجة الحرارة أكثر من ذلك أخذت سرعة النمو فى التناقص من جديد ، ويمكننا بناء على هذا القانون

---

(١) Van't Hoff, U.H. « Etudes de Dynamique Chemique » Amsterdam, 1882.

أن نحسب القيمة الفعلية لأي متوسط يومي لدرجة الحرارة مابين درجة ٦° م وهي الدرجة التي يبدأ عندها النمو (في رأى فانهوف) من جهة ، والدرجة التي تصل عندها سرعة هذا النمو إلى اقصاها من جهة أخرى بالمعادلة الآتية:

$$ق = \frac{ح - ٦}{١٠} \times ٢$$

وذلك على اعتبار أن « ق » هي القيمة الفعلية لدرجة الحرارة و « ح » هي المتوسط اليومي بالدرجات المئوية .

وقد استخدم بعض الباحثين في علم المناخ هذا القانون حديثا في بعض أبحاثهم ، فقد استخدمه ثورنثويت « Thornthwaite » مثلا في سنة ١٩٤٨[١] لتقسيم الولايات المتحدة إلى أقاليم حرارية على أساس القيمة الفعلية لدرجة الحرارة ، كما استخدمه زتسر « Zetzer » في سنة ١٩٤٦[٢] لتقسيم البرازيل إلى أقاليم حرارية على نفس الأساس .

ويلاحظ أن درجة الحرارة التي تبلغ عندها سرعة النمو أقصاها ليست واحدة بالنسبة لجميع النباتات ، ولكن معظم التجارب التي أجريت على نباتات المنطقة المعتدلة قد دلت على أن هذه الدرجة تتراوح بين ١٥° و ٣٢° . فهي بالنسبة للقمح ٣١° م وبالنسبة للذرة تتراوح بين ٢٩° و ٣٢° . أما نباتات المنطقة الحارة فيغلب أن يسرع نموها في درجات حرارة أعلى من ٣٢° .

وإننا مع عدم تقليلنا من قيمة هذه التجارب يجب ألا نغالي كثيرا في الاعتماد على نتائجها التي تعطي في بعض الأحيان صورة غير صحيحة لما يحدث في الطبيعة فعلا ، فالظروف التي تجرى فيها مثل هذه التجارب تكون غالبا ظروفا

---

(١) Thornthwaite C. W., « An Approach Towards a Rational Classification of Climate, », Geographical Review Vol. 38. 1948, pp. 59-93.

(٢) Zetzer, Jose. « A New Formula for Precipitation Effectiveness », Geographical Review, vol. 36, 1946, pp. 247-263;

صناعية يحدد فيها أثر كل عنصر من العناصر التى تتدخل فى حياة النباتات بصورة يندر أن توجد فى البيئة الطبيعية ، فعندما يراد مثلا إجراء تجربة ما لمعرفة سرعة نمو أحد النباتات فى درجة حرارة معينة فإن هذا النبات يوضع فى مكان معين يمكن تثبيت حرارته على الدرجة المطلوبة لعدة أيام أو أسابيع ، وهذا يختلف بالطبع عما يتعرض له النبات فى الخلاء ، حيث يخضع لدرجات حرارة قد تتغير تغيرا كبيرا من ساعة إلى أخرى، ومن يوم إلى آخر ،وهذا فضلا عن أن درجة الحرارة كما هو معروف ليست هى العامل الوحيد الذى يتحكم فى نمو النباتات ، بل إن هناك عوامل أخرى كثيرة تتدخل فى نموه، منها رطوبة الجو وكمية الأمطار ونظام سقوطها وتوزيعها على أشهر وفصول السنة ونوع التربة ، ولذلك فإن نتائج التجارب التى تجرى فى المعامل على نباتات أو أجزاء من نباتات معينة قد لاتفيدنا كثيرا فى دراسة المظاهر المناخية والحياة النباتية وتوزيعها توزيعا عاما على سطح الكرة الأرضية . وإن كنا مع ذلك لاننكر أهميتها بالنسبة للدراسات التفصيلية التى تدخل غالبا فى اختصاص المهتمين بالدراسات التحليلية للنباتات وعناصر البيئة التى تعيش فيها وهى الدراسات التى تدخل فى علمى النبات Botany والبيئة Ecology .

ومن المهم أن نشير كذلك إلى أن التجارب القليلة التى أجريت فعلا لتحديد القيمة الفعلية لدرجات الحرارة المختلفة كانت مقصورة على أنواع قليلة جدا من النباتات ، ولذلك فقد يكون من الخطأ تطبيق نتائجها على الحياة النباتية بصفة عامة ، إذ المعروف أن لكل نبات ظروفه واحتياجاته الخاصة التى قد تختلف اختلافا كبيرا عن ظروف واحتياجات غيره من النباتات ، بل إن الفصائل المختلفة للنبات الواحد يختلف بعضها عن بعض اختلافا واضحا كذلك من هذه الناحية .

ثانيا : فصل النمو والحرارة المتجمعة : تعتبر دراسة الحرارة وقيمتها الفعلية على أساس طول فصل النمو ومقدار الوحدات الحرارية التى تتجمع خلاله من أحدث الدراسات التى صادفت قبولا ملحوظا فى السنوات الأخيرة من جانب

علماء المناخ والنبات ، الذين أخذوا يوجهون إليها عناية خاصة فى كتاباتهم المختلفة . وتمتاز هذه الطريقة عن الطرق التجريبية التى سبقت الإشارة إليها من عدة نواح أهمها :

أ ــ أنها أبسط منها بكثير حتى أنه من الممكن تطبيقها بسهولة فى الدراسات المناخية العامة والتفصيلية على حد سواء لأن كل مايلزم لتطبيقها كما سنرى فيما بعد هو المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة .

ب ــ أنها تحاول دراسة العلاقة بين درجة الحرارة والحياة النباتية كما هى موجودة فعلا فى الطبيعة .

جـ ــ أنها تستند إلى المبادىء المتفق عليها بين معظم الباحثين فى علمى المناخ والنبات ومن أهمها :

١ ــ أن كل نبات يحتاج لكى يتم نموه ونضجه إلى عدد معين من الوحدات الحرارية التى يجب أن تتجمع أثناء حياته فوق الحد الأدنى الذى يبدأ عنده هذا النبات فى النمو ، أى فوق « صفر النمو » .

٢ ــ أن كل نبات يحتاج إلى عدد معين من الأيام التى يجب ألا ينخفض متوسط درجة حرارتها عن « صفر النمو » .

تحديد فصل النمو : يجب أن نشير هنا إلى أن فصل النمو كما يفهمه طلاب علم المناخ قد يختلف نوعا ما عنه فى نظر الزراع وطلبة علم الزراعة ، وهم الذين يتكلمون غالبا عن فصل النمو على أنه هو الفترة مابين عمليتى البذار والحصاد ، وهذه الفترة كما هو معروف تختلف من نبات إلى آخر ، فضلا عن أنها تتأثر بعوامل أخرى غير درجة الحرارة ، ففى بعض دول غرب أوروبا مثلا قد يحدث فى بعض السنين أن تؤدى غزارة الأمطار إلى تأخير عمليات البذر والحصاد عن مواعيدها المعتادة عدة أيام أو أسابيع .

أما فى علم المناخ فإننا نقصد بفصل النمو تلك الفترة من السنة التى

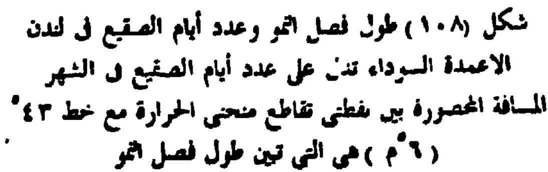
لاينخفض المتوسط اليومى لدرجة الحرارة أثناءها عن « صفر النمو » بالنسبة للحياة النباتية بصفة عامة ، ويتفق كثير من الباحثين على أن معظم النباتات التى تنمو فى المنطقة المعتدلة يبدأ نموها بصفة عامة فى أوائل الربيع عندما يرتفع المتوسط اليومى لدرجة الحرارة إلى ٦° م . وهذا بالطبع حكم عام قد لاينطبق على كثير من الأنواع والفصائل النباتية ، فبعض النباتات تستطيع أن تنمو فى درجات حرارة أقل أو أعلى بكثير من هذا الحد ، فبينما يبدأ القمح مثلا نموه عندما ينخفض المعدل اليومى إلى ٣° م نجد أن الذرة والقطن لايبدآن نموهما إلا إذا ارتفع المعدل إلى ١٣° م بالنسبة للأول و ١٧° بالنسبة للثانى .

ويحسب طول فصل النمو عادة بالأيام ، فإذا اعتبرنا أن المتوسط اليومى ٦° م هو « صفر النمو » أمكننا أن نقدر طول هذا الفصل فى أى مكان بالطريقة المبينة فى شكل (١٠٨)

الصقيع وفصل النمو : ويجب أن نشير أيضا إلى أن هناك تحديدا آخر لفصل النمو يستخدم بصفة خاصة فى البلاد التى تهتم بزراعة النباتات الحساسة التى لاتتحمل الصقيع ، ومن أشهرها الخضروات وكثير من أنواع الفواكه والنباتات ذات الزهور ، فكثيرامايؤدى ظهور صقيع شديد إلى تعطيل نمو هذه النباتات أو هلاكها ، وفى مثل هذه البلاد يحدد فصل النمو عادة بالفترة التى لايحتمل أن يظهر اثناءها صقيع من هذا النوع ، وهذه الفترة تكون غالبا أقصر من الفترة التى لايقل المتوسط اليومى لدرجة الحرارة أثناءها عن ٦° م

والمقصود بالصقيع بمعناه الضيق هو المادة الثلجية البيضاء التى تظهر فوق سطح الأرض وماعليه من أجسام مختلفة بشرط أن تكون هذه المادة قد تكونت نتيجة لانخفاض درجة الحرارة إلى مادون نقطة التجمد انخفاضا فجائيا يترتب عليه تحول بخار الماء الموجود فى الجو من حالته الغازية إلى الحالة الصلبة :

(١) Kincer J.B. Climate and Weather Date for the United States, U.S. Department of Agriculture's Year-book, 1941, « Climate and Man » p. 690.



شكل (١٠٨) طول فصل النمو وعدد أيام الصقيع فى لندن
الاعمدة السوداء تدل على عدد أيام الصقيع فى الشهر
المسافة المحصورة بين نقطتى تقاطع منحنى الحرارة مع خط ٤٣°
(٦°م) هى التى تبين طول فصل النمو

مباشرة ، أى دون أن يتكاثف أولا إلى ماء ثم إلى ثلج بعد ذلك ، وهذا الهبوط الفجائى فى درجة الحرارة يكون عادة أشد خطرا على سرعة النبات من هبوطها بشكل تدريجى .

ولكن كلمة صقيع تستخدم فى الوقت الحاضر بمعنى أوسع من معناها الأصلى الذى سبقت الإشارة إليه، فهى تطلق الآن على أى انخفاض فى حرارة الجو يؤدى إلى هبوطها إلى درجة الصفر المئوى أو إلى مادونها حتى ولو لم يؤد هذا الانخفاض إلى ظهور المادة الثلجية البيضاء ، وتقدر شدة الصقيع عادة على أساس مقدار انخفاض درجة الحرارة عن الصفر ، ويلاحظ أن سرعة الرياح تزيد عادة من قسوة البرودة ، فدرجة حرارة ٥° م مثلا تكون أشد تأثيرا وخطرا على النباتات إذا كانت الرياح شديدة منها إذا كان الهواء ساكنا ، ويتبين هذا من الجدول (٤١) .

وتعتبر العـ . من أخطر الظاهرات الجوية على حياة النباتات ، وخصوصا

جدول (٤١) الحدود الحرارية التى وضعها مكتب الأرصاد الجوية البريطانية للصقيع[1]

نوع الصقيع	الحدود بالدرجات المئوية	
	هواء ساكن	ساعة الريح ٤٠ كم/ساعة
صقيع خفيف Slight frost	صفر —٣ °م	صفر —٠,٥ °م
صقيع حاد Sharp frost	—٣,٥ —٤	—١ —١,٥
صقيع شديد Hard frost	—٦,٥ —١١,٥	—٢ —٣,٥
صقيع قاس Severe frost	—١٢ —١٨	—٤ —٥
صقيع قاس جدا Very severe frost	اقل من —١٨	اقل من —٥

الأنواع الحساسة منها ، مثل الأزهار والفواكه والخضروات ، ولهذا فإن محطات الإذاعة والتلفاز فى البلاد التى تتعرض كثيرا لظهوره تذيع باستمرار إنذارات للزراع فى حالة توقع ظهوره فى بعض الليالى . وكثيرا مايعمد هؤلاء الزراع إلى إيقاد النيران فى حدائقهم ومزارعهم لتلافى بعض أخطاره ، كما هى الحال فى الولايات المتحدة .

وينتشر الصقيع فى جميع الأقاليم المعتدلة والباردة من العالم ، ولو أن مرات حدوثه تتزايد بصفة عامة كلما اتجهنا ناحية القطبين . وموسم ظهوره هو فصل الشتاء ، ولكنه قد يظهر كذلك فى فصل الخريف والربيع . ويلاحظ أن صقيع فصل الشتاء لايهم الزراع كثيرا لأنه يأتى فى الفصل الذى يتوقف فيه نمو معظم النباتات ، وخصوصا فى الأقاليم الباردة . كما أن صقيع فصل الخريف ليست له أهمية كبيرة لأنه يأتى غالبا بعد أن تكون معظم النباتات قد أتمت نموها . أو تكون على الأقل قد وصلت فى نموها إلى مرحلة لاتتأثر فيها بظهور

(١) نشرة رقم ٣٣٦ — ادارة الأرصاد الجوية — لندن .

الصقيع . أما صقيع فصل الربيع فهو فى الواقع أخطر أعداء الفلاح فى العروض المعتدلة لأنه يأتى فى الوقت الذى تكون فيه النباتات قد بدأت نموها وتكون الأشجار قد أخذت تخرج براعمها، ويشتد خطر صقيع الربيع بصفة خاصة فى السنوات التى يكون شتاؤها دافئا نسبيا ، لأن جميع النباتات والأشجار تبدأ نموها وازدهارها فى مثل هذه السنوات فى أواخر الشتاء وأوائل الربيع . أى قبل مواعيدها المعتادة فإذا حدث وظهر صقيع شديد بعد ذلك فإنه يؤدى إلى هلاكها مما يسبب خسائر كبيرة للزراع . ففى مصر وغيرها من البلاد العربية مثلا كثيرا مايحدث صقيع شديد فى بعض الليالى الربيعية فيؤدى إلى هلاك بعض المحاصيل الحساسة مثل محصول الطماطم ، مما يتسبب فى نقص المعروض منه فى الأسواق وارتفاع أسعاره فجأة ارتفاعا كبيرا .

الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature :

ويقصد بها مجموع الوحدات أو الدرجات الحرارية التى تتجمع فوق أدنى متوسط يومى للحرارة يمكن أن تنمو فيه النباتات بصفة عامة ، وهو فى رأى معظم الباحثين ومن بينهم كوبن وأوستن ملر ٦° م . ويمكن أن تحسب الحرارة المتجمعه ليوم واحد أو لأسبوع أو شهر أو لأى فترة غير ذلك ، إلا أن المعتاد هو حسابها لفصل النمو بأكمله ، والحرارة المتجمعه لأى يوم هى الفرق بين متوسط درجة حرارته وصفر النمو (٦°) فإذا كان متوسط درجة الحرارة فى يوم ما هو ١٦° م فان الحرارة المتجمعة لهذا اليوم تكون ١٦ — ٦ = ١٠° م والحرارة المتجمعة لأى شهر من الأشهر هى مجموع الدرجات الحرارية المتجمعة فى جميع أيام هذا الشهر ، وأبسط طريقة لحسابها هى : م = (ح — ٦) × عدد أيام الشهر .

وذلك على اعتبار أن « م » هى الحرارة المتجمعة و « ح » هى المتوسط اليومى لدرجة حرارة الشهر ، فاذا كان المتوسط اليومى لدرجة حرارة شهر يناير مثلا هو ١٠° م فان حرارته المتجمعة تكون (١٠ — ٦) × ٣١ = ١٢٤° م .

والحرارة المتجمعة لفصل النمو هي مجموع درجات الحرارة التي تتجمع في جميع الأشهر التي يشملها هذا الفصل ، وتقدير الحرارة المتجمعة لفصل النمو له أهمية كبيرة بالنسبة للحياة النباتية بصفة عامة والتوسع الزراعي في الأقاليم الباردة بصفة خاصة لأنه هو الذي يحدد نوع الغلات التي يمكن زراعتها في هذه الأقاليم، وذلك على أساس ماسبق أن ذكرناه من أن كل نبات يحتاج لكي يتم حياته إلى عدد معين من الأيام وإلى عدد معين أيضا من الوحدات الحرارية ، وقد ساعد هذا النوع من الدراسة كثيرا من الدول الواقعة على حدود المناطق القطبية ، كما هي الحال في كندا وروسيا ، على استغلال كثير من الأراضي الواقعة إلى الشمال من الدائرة القطبية في زراعة بعض المحاصيل التي أهمها القمح .

وقد دلت التجارب على أن القمح يحتاج لكي يتم حياته إلى أن تتجمع خلال فصل نموه المعتاد ، الذي يبلغ حوالى ٢١٥ يوما ، ١٠٩٠° م[١] على الأقل ، ومع ذلك فقد استنبتت من القمح فصائل يمكن أن تتم حياتها في فترة أقصر من ذلك وبعدد أقل من الدرجات الحرارية المتجمعة ، ومن أمثلتها بعض الفصائل التي تزرع في شمال كندا وبعض جهات ألاسكا ، وهي تستطيع أن تتم حياتها في يوم أو أقل ولاتحتاج إلا إلى ٧٥٠° م ، وليس من شك في أن وفرة ضوء الشمس في هذه العروض العليا في فصل الصيف يعتبر من العوامل التي تساعد على سرعة نمو النباتات وسرعة نضجها ، لأنه يعوض النقص في درجة الحرارة من جهة وقصر فصل النمو من جهة أخرى[٢] .

ويمكننا أن نلخص العلاقة بين درجة الحرارة وحياة النباتات فيما يلي :

(١) Gilbert, J.H., « Relation entre les Somme de Temperature et le Production Agricole, « « Archives des Sciences physques et Naturelles, Geneva 1886, Gilbert's results were reviewed by Curtis R.H., in Symon's Met. Magazine vol. II, 1954 pp. 133-119 under « On The Amount of Heat Required for Growth and Ripening of Wheat,

(٢) Unstead, J. « The Climatic Limits of Wheat Cnltivation with Special Reference to North America », Géog Journal vol 36, 1612 pp. 347- 366.

١ ـــ أن هناك حداً أدنى لدرجة الحرارة التى يمكن أن تنمو فيها النباتات . وهذا الحد الأدنى هو الذى يطلق عليه اسم « صفر النمو Zero Point of Growth » ، وهو يختلف من نبات إلى آخر ، فبينما تستطيع نباتات الأقاليم الباردة أن تنمو فى درجة حرارة أقل من الصفر المئوى نجد أن أغلب نباتات الأقاليم المعتدلة لاتنمو إلا إذا ارتفع المتوسط اليومى لدرجة الحرارة عن ٦° م ، (وهذا هو صفر النمو المتفق عليه بين كثير من الباحثين) ، أما نباتات الأقاليم الحارة فيلزم لنموها من غير شك درجات حرارة أعلى من ذلك .

٢ ـــ ولئن كان هناك حد أدنى لدرجة الحرارة التى ينمو فيها النبات ، فإن هناك كذلك حداً أعلى لها ، ويكون هذا الحد أقل بالنسبة لنباتات الأقاليم المعتدلة والباردة منه بالنسبة لنباتات الأقاليم الحارة ، فبينما تموت بعض نباتات الأقاليم الباردة إذا زاد المتوسط اليومى لدرجة الحرارة عن ٢١° م ، نجد أن أغلب نباتات الأقاليم الحارة لايؤذيها ارتفاع هذا المتوسط إلى ٣٨° م أو أكثر .

٣ ـــ أن سرعة نمو أى نبات تبلغ أقصاها فى درجة حرارة معينة يمكن اعتبارها أصلح درجة لنموه « Optimum Temperature » ، وهى ليست واحدة بالنسبة لجميع النباتات ، بل إنها ليست واحدة بالنسبة للنبات الواحد فى مراحل نموه المختلفة ، وهى تقع بطبيعة الحال بين أدنى وأعلى درجتى حرارة يستطيع أن ينمو فيهما النبات ، وتكون أعلى بالنسبة لنباتات الأقاليم الحارة منها بالنسبة لنباتات الأقاليم الباردة .

٤ ـــ أن كل نبات يحتاج لكى يتم حياته ونضجه إلى عدد معين من الوحدات الحرارية التى يجب أن تتجمع أثناء حياته فوق « صفر النمو » ويطلق على هذه الوحدات اسم الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature .

٥ ـــ فى الأقاليم المعتدلة والباردة يقف نمو معظم النباتات فى الفصل الذى ينخفض أثناءه المتوسط اليومى لدرجة الحرارة عن « صفر النمو » ، ويتزايد طول هذا الفصل ، أو بعبارة أخرى يتناقص طوله كلما اقتربنا من

القطبين ، ولهذا فان النباتات التى تنمو فى الأقاليم الباردة والقطبية تكون عادة من الانواع التى تستطيع أن تتم حياتها فى فترات قصيرة نسبيا ، ويلاحظ مع ذلك أن كثيرا من النباتات لاتموت تماما بانتهاء فصل النمو بل تموت فقط موتا ظاهريا ، ولاتلبث أن تدب فيها مظاهر الحياة من جديد عندما يحل الدفء ، كما يلاحظ أن بعض النباتات لاتتأثر تأثرا ظاهرا ببرودة فصل الشتاء بل تظل خضراء طول السنة . وتعتبر الأشجار الصنوبرية التى تنمو قرب الدائرة القطبية من أحسن الأمثلة على ذلك .

الضوء :

يعتبر ضوء الشمس بغض النظر عن حرارة الجو من أهم العناصر الضرورية لنمو النبات ، وكلما زادت كمية الضوء ساعد ذلك على سرعة النمو ، وهذه الحقيقة لها أهمية خاصة فى العروض العليا ، إذ أن طول النهار فى فصل الصيف هناك يساعد النباتات على الاسراع فى نموها ، بحيث تتم حياتها ونضجها فى فترة أقصر وبحرارة متجمعة أقل مما يلزم لنموها فى العروض الأكثر دفئا ، ومعنى ذلك أن وفرة الضوء تستطيع أن تعوض النباتات عن بعض النقص فى الحرارة ، فالقمح الربيعى مثلا يتم نموه ونضجه فى شمال السويد فى ٧٩ يوما تقريبا ، بينما يحتاج إلى حوالى ١٠٧ أيام فى جنوبها ، ويرجع ذلك من غير شك إلى تزايد طول النهار فى الصيف كلما اتجهنا شمالا ، ويبين الجدول رقم ١٦ أقصى طول للنهار فى العروض المختلفة .

جدول (١٦) أقصى طول للنهار (فى ٢١ يونيو) فى العروض المختلفة

خط العرض	صفر°	٤١°	٦٣°	٦٦°	٦٧°	٧٨°	٩٠°
أقصى طول للنهار	١٢ ساعة	١٥ ساعة	٢٠ ساعة	٢٤ ساعة	شهر	٤ أشهر	٦ أشهر

١٤ ـ د ـ ٢ ـ التربة

تمهيد :

تعتبر التربة من غير شك ثروة من اعظم الثروات الطبيعية التى ترتبط بها حياة الإنسان ارتباطا مباشراً ، فهى الوعاء الذى تجد فيه النباتات الاحتياجات اللازمة لوجودها ونموها وتكاثرها ، والذى يحصل منه الإنسان بطريق مباشر أو غير مباشر على كل مايحتاج إليه من ضروريات غذائه وملبسه ومسكنه.

وليست المصادفة هى التى جعلت سكان العالم يتجمعون منذ بدء انتشارهم على سطح الأرض ، وخصوصا بعد أن بدأوا يعرفون الزراعة ، فى وديان الأنهار وغيرها من المناطق التى تصلح تربتها لإنتاج المحاصيل الغذائية، أو حتى لتقديم ثروة نباتية وحيوانية طبيعية يمكن أن يحصل منها الانسان على احتياجاته الضرورية باتباع أساليب الجمع والالتقاط والصيد . وترتبط التربة فى نشأتها وتركيبها وخصوبتها وغير ذلك من صفاتها العامة بعوامل مختلفة أهمها نوع الصخور التى استمدت منها « Parent Rocks » والعوامل المناخية التى تدخلت فى تفتيت هذه الصخور وتحليل موادها ونقلها وتوزيعها على سطح الأرض وعلاقة ذلك بتضاريس هذا السطح وانحداراته وغير ذلك من العوامل التى يترتب عليها خلق أنواع من التربة ذات أشكال وخواص متباينة بحيث أصبح موضوع التربة من الموضوعات العلمية المعقدة التى لايمكن الإلمام بكل جوانبها فى أية دراسة عامة . وسنحاول فيما يلى أن نقدم عرضا مختصرا لأهم جوانب الموضوع بالقدر الذى تحتاج إليه دراستنا الجغرافية العامة .

والمقصود بالتربة بمعناها الضيق هو المواد الصخرية المفتتة التى طرأ عليها بعض التغير الكيميائى واختلطت بها نسبة من المواد العضوية والسائلة والغازية فأصبحت ملائمة لنمو نوع أو أكثر من أنواع الحياة النباتية . وعلى هذا الأساس لايعتبر الصخر المفتت وحده تربة بمعنى الكلمة طالما لم يطرأ عليه تغير كيميائى

أو يختلط بنسبة من المواد المذكورة ، حيث أنه لايكون فى هذه الحالة صالحا لنمو النباتات . وتتكون التربة عادة ببطء تحت تأثير عوامل مختلفة أهمها المناخ والنبات وتضاريس سطح الأرض . وإن اختلاف هذه العوامل بالإضافة إلى نوع الصخر الأصليه التى تستمد منها المواد الصلبه التى تتكون منها التربة هو الذى يؤدى إلى ظهور الصفات الكثيرة التى تتميز بها بعض أنواع التربة عن بعضها الآخر .

مواد التربة :

تنقسم المواد التى تتكون منها التربة عموما إلى قسمين كبيرين : فالقسم الأكبر منها يتكون من مواد غير عضوية « Inorganic » أما القسم الآخر فيتكون من مواد أصلها عضوى « Organic » بمعنى أنها مستمدة فى الأصل من الكائنات الحية على اختلاف أنواعها ومراتبها .

المواد غير العضوية : هذه المواد هى التى تكون القسم الأكبر من التربة وهى تنتج من تفكك وتحلل الصخور المختلفة التى تتكون منها قشرة الأرض بفعل التجوية الميكانيكية والكيميائية . والمعروف أن كل هذه الصخور عبارة عن مركبات من معادن مختلفة ، كما أن المعادن نفسها ليست فى معظمها إلا مركبات من عناصر كيميائية مختلفة ، وعلى هذا الأساس يمكن القول إن المواد غير العضوية التى تتكون منها التربة هى عموما نفس العناصر التى تدخل فى تركيب صخور القشرة الأرضية ومعادنها . وقد اكتشف من هذه العناصر أكثر من مائة عنصر ، ولكن تبين أن ٩٨,٥٪ من تركيب قشرة الأرض يتكون من ثمانية عناصر منها فقط وهى الأكسوجين والسيليكون والألومينيوم (ويتكون من هذه العناصر الثلاثة وحدها حوالى ٨٢٪ من صخور القشرة الأرضية) ، ويأتى بعدها بالترتيب الحديد والكلسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم وكلها عناصر ضرورية لحياة النباتات . وهناك عناصر أخرى ضرورية لحياة النباتات أيضا ولكنها موجودة بنسب صغيرة ومنها النيتروجين والفوسفور والكبريت .

وهكذا فعندما تتفتت الصخور المختلفة بفعل التجوية فإنها تنتج أنواعا متباينة من المواد التي يكون بعضها قابلا للذوبان في الماء مثل كربونات الكلسيوم وبعضها الآخر غير قابل للذوبان مثل الصلصال والغرين والرمال التي تتكون من حبات الكوارتز وقطع الصخور ، وهذه المواد غير القابلة للذوبان هي التي تمثل التركيب غير العضوى الرئيسي للتربة .

التركيب الكيميائى للتربة :

إن دراسة التركيب الكيميائى للتربة له علاقة قوية بنوعيتها ومدى صلاحيتها نمو الأنواع المختلفة من النباتات . وكلما كانت التربة متوازنة فى تركيبها الكيميائى كانت أكثر صلاحية للزراعة . وفى حالة عدم توازنها تستخدم عادة أسمدة كيميائية خاصة لتزويدها بالعناصر الناقصة .

ويطلق تعبير عناصر التربة الحرجة Soil Critical elements على بعض العناصر الضرورية التي تستهلك منها النباتات كميات كبيرة والتي توجد غالبا بنسب صغيرة فى التربة ومنها النيتروجين (الآزوت) والفوسفور والبوتاسيوم . وهى تضاف عادة إلى التربة فى صورة أسمدة كيميائية لتعويض مايطرأ عليها من نقص . وهناك غير ذلك عناصر أخرى لها دخل فى توازن التربة مثل المنجنيز والنحاس والزنك . كما أن درجة تركيز الأيدروجين ، التي يعبر عنها عادة بالرمز PH تعتبر من العناصر الهامة التي لابد أن يحسب لها حساب فى تقدير صلاحية التربة للزراعة لأنها هى التي تحدد درجة حموضتها أو قلويتها . وتتراوح قيمة الـ PH بين ٤ و ٥ فى التربة الحمضية و ٨ و ١٠ فى التربة القلوية .

وتعتبر المواد الجيرية (أو الكلسية) والمواد الملحية وأكاسيد الحديد والألومينيوم وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم من العناصر التي يمكن أن تعطى للتربة نوعية خاصة إذا كثرت فيها ، وعلى هذا الأساس تقسم التربة عموما إلى أربعة أنواع كبرى هى : التربة الجيرية والتربة الملحية والتربة الحديدية والتربة

المتعادلة ، أما التربة الجيرية فيقصد بها التربة التى تسود فيها المواد الجيرية ، ويطلق عليها عموما تعبير (بيدوكال) Pedocal[1] ، وهى موجودة على نطاق واسع فى مناطق الصخور الجيرية ، وخصوصا فى الأقاليم الجافة . وهى تربة قلوية حيث ترتفع فيها درجة التركيز الأيدروجينى إلى ٨ أو أكثر ، وفيها تجود زراعة أنواع متباينة من المحاصيل إذا توافرت لها المياه .

أما التربة الملحية Halomorphic ، فهى التربة التى تحتوى على نسبة عالية من الأملاح ، وخصوصا أملاح الصوديوم والبوتاسيوم . وهى موجودة بكثرة فى منخفضات الأقاليم الجافة التى تنصرف نحوها مياه الأمطار أو ترتفع فيها بعض المياه الجوفية إلى السطح . ففى هذه الأقاليم يؤدى نشاط التبخير إلى سرعة ارتفاع مياه التربة ومعها الأملاح الذائبة بفعل الخاصية الشعرية ، مما يؤدى إلى تركز الأملاح بمرور الوقت على السطح وفى التربة السطحية ، كما يكثر وجود هذا النوع من التربة فى الأشرطة الساحلية المنخفضة التى تكونت على حساب البحر أو التى تطغى عليها مياهه عند ارتفاعها فى حالة المد أو الأمواج العالية . ومن أشهرها السبخات الساحلية والسبخات التى توجد فى منخفضات الأقاليم الجافة ومنها منخفضات الواحات .

أما التربة الحديدية Pedalfer[2] ، فيميزها وجود نسبة عالية من أكاسيد الحديد وأكاسيد الألومنيوم بها . وتعطيها أكاسيد الحديد عادة لونا أحمر طوبيا أو مائلا للاحمرار . وهى غالبا حمضية ، وفيها لاتزيد قيمة الـ PH عن ٤,٥ ، وهى عموما قليلة الخصوبة بسبب حموضتها ولكن من الممكن معالجتها باضافة بعض الجير إليها . وهى توجد عادة فى الأقاليم الاستوائية، كما تمثلها تربة البودزول فى الأقاليم الباردة .

---

(١) Pedocal كلمة من أصل لاتينى مكونة من مقطعين هما Ped ومعنا ارض و Cal وهى اختصار كلمة كالسيوم Calcium.

(٢) Pedalfer ، كلمة من أصل لاتينى مكونة من ثلاثة مقاطع هى : Ped ومعناها أرض ثم Al و Fer . وهما اختصار كلمتى Aluminium و Ferrum أى حديد .

وأما التربة المتعادلة فهي التربة المتوسطة بين التربة الجيرية القلوية والتربة الحديدية الحمضية ، وفيها تكون درجة التركز الإيدروجينى مابين ٦ و ٧ .

المواد العضوية : مصدر هذه المواد هو بقايا ومخلفات الحياة النباتية والحيوانية بمختلف أنواعها ومراتبها ، فكل هذه الكائنات مردها النهائى إلى التربة حيث تتفتت وتتحلل فيها بمرور الزمن وتحت الظروف الملائمة إلى أعداد لاحصر لها من الكائنات العضوية الميكروسكوبية . والمواد العضوية المتحللة فى التربة هى التى يطلق عليها عادة اسم الدبال أو الهيومص « Humus » ، وعندما يزداد تحلل الدبال فإنه يتحول إلى أملاح بسيطة وثانى أوكسيد كربون وماء وتعتبر المواد العضوية المتحللة من أهم العوامل التى تساعد على تحسين التربة وعلى المحافظة على خصوبتها، ولذلك فإن وجودها ضرورى جدا فى الأراضى الزراعيه . والواقع أن التربة لاتكون ذات قيمة حقيقية إلا إذا كانت بها نسبة معقولة من المواد العضوية المتحللة .

وتعتبر البكتريا وغيرها من الكائنات العضوية الميكروسكوبية مثل الطحالب والفطريات والبروتوزوات من المواد العضوية المهمة ، التى يساعد وجودها بكثرة فى التربة على إحداث التغيرات الكيميائية الضرورية لتحليل المواد العضوية الأخرى وتحويلها إلى دبال « Humus » ثم تحويل الدبال بدوره إلى عناصر أبسط منه يسهل على النباتات أن تستفيد بها .

العوامل التى تتدخل فى تكوين التربة :

تتدخل فى تكوين التربة عوامل متعددة وعمليات طبيعية وكيميائية معقدة تشترك فيها كل عناصر البيئة الطبيعية والحيوية بدون استثناء . وليس من السهل حصر كل العوامل التى لها دور مهم فى هذا التكوين ، ولكننا مع ذلك يمكننا أن نحدد أهمها كما يأتى :

١) نوع الصخر الذى تستمد منه التربة
٢) المناخ
٣) التضاريس

٤) المياه

٥) الكائنات الحية

أولا : نوع الصخر :

فالصخور هى مصدر المواد غير العضوية التى تستمد منها المكونات الرئيسية الأولية للتربة ، ولكل تربة مصدر صخرى أصلى تستمد منه مكوناتها الرئيسية ويطلق على هذا المصدر تعبير الصخر الوالد Parent Rock . ولهذا فلابد للباحث الذى يتعرض لدراسة التربة أن يكون على علم بأنواع الصخور وتركيبها المعدنى والعنصرى لأن هذا التركيب سيكون هو نفسه تقريبا تركيب التربة . ونظراً لأهمية هذا العامل فان التربات تصنف أحيانا على أساس أنواع الصخور التى استمدت منها ، كأن تكون مثلا تربة رملية أو جيرية أو طينية وتوصف التربة بأنها محلية إذا كانت مستمدة من الصخر الذى ترتكز عليه مباشرة ، ومنقولة إذا كانت مستمدة من صخور منطقة أخرى غير منطقة وجودها، ويكون تركيبها فى هذه الحالة مختلفا عن تركيب الصخر الذى ترتكز عليه .

ولاشك أن تحول الصخر إلى المواد المفتتة التى تتكون منها التربة يحتاج إلى أن يتعرض هذا الصخر لعمليات التجوية المختلفة ، سواء فى ذلك عمليات التجوية الميكانيكية أو الكيميائية ، وهى العمليات التى تتداخل فيها عوامل كثيرة أهمها المناخ والمياه والكائنات الحية فإذا ماتفتت الصخر وتحلل بالتجوية وبقيت المواد المفتتة الناتجة فى مكانها على سطحه فإن هذا يؤدى إلى تكوين التربة المحلية . أما إذا قامت عوامل التعرية بنقل هذه المواد إلى أماكن أخرى فإن هذا يؤدى إلى نشوء أنواع مختلفة من التربة المنقولة التى تتميز بصفات خاصة على حسب طبيعة عوامل التعرية التى قامت بنقلها وترسيبها ، ومن أهمها :

١) التربات الهوائية التى تقوم الرياح بنقلها مثل تربة اللويس والتربات الرملية فى الأقاليم الجافة .

٢) التربات الفيضية التى تقوم المياه الجارية بنقلها ، والتى تتكون منها تربات وديان الأنهار ودلتاواتها ، بما فى ذلك تربات وديان الأقاليم الجافة التى تجرى فيها المياه بصورة متقطعة ، وتربات الدلتاوات المروحية التى تتكون فى نهايات هذه الوديان ، وتربات الأحواض التى تصب فيها .

٣) التربات الجيلدية وهى التى يقوم الجليد بنقلها وترسيبها عند انصهاره ، وهى توجد حول الثلاجات وعلى أطراف المناطق التى زحف عليها الجليد خلال العصور الجليدية فى البليستوسين .

ثانيا — المناخ :

وهو العامل الرئيسى الذى يؤثر فى المواد الصخرية والمعدنية المستمدة من الصخر الأصلى ولكل عنصر من عناصر المناخ دوره الخاص فى هذا المجال ومع ذلك فان العناصر كلها تعمل مجتمعة وتؤدى بمرور الوقت إلى إضعاف الصلة بين مواد التربة وبين الصخر الأصلى الذى استمدت منه ، وكلما طال الزمن اكتسبت التربة صفات جديدة تبعدها عن صفات هذا الصخر ، حتى أن النوع الواحد من الصخور قد يعطى أنواعا مختلفة من التربة إذا ماتعرضت المواد المستمدة منه لظروف مناخية مختلفة ، ولهذا فإن علماء التربة يميلون فى الوقت الحاضر إلى تصنيف التربات فى العالم على أساس النطاقات المناخية التى تكونت فيها ، لا على أساس الصخور الأصلية التى استمدت منها ، ولايكاد يوجد أى عنصر مناخى إلا وله دور مهم فى تكوين التربة .

فالإشعاع الشمسى له دور هام فى حياة الكائنات الحية التى تعيش فى التربة أو تموت وتتحلل فيها ، كما أنه يعتبر عاملا رئيسيا فى عمليات التبخر منها وفى التفاعلات الكيميائية التى تحدث فيها . كما أن درجة الحرارة تعتبر هى الأخرى عاملا رئيسيا من العوامل التى لها دخل فى تكوين التربة على اعتبار أنها عامل مهم من عوامل التجوية الميكانيكية وأن لها تأثيرا قويا على نمو الكائنات الحية وعلى قدرة التربة على استخلاص الأزوت من الهواء وعلى تبخر الماء منها وعلى

ترسيب الأملاح عليها ، أو على تجفيف سطحها وتفتيته مما يساعد الرياح على إزالة مايغطيه من أتربة ورمال ناعمة .

وتعتبر درجة حرارة التربة من العناصر التى يمكن قياسها بواسطة ترمومترات خاصة . والمعتاد هو أن تكون درجة حرارة التربة السطحية مرتبطة بدرجة حرارة الهواء الملاصق لها ، وأن هذا الارتباط يتناقص كلما تعمقنا فيها ، ولهذا فكثيرا مايكون هناك فرق كبير بين درجة حرارة التربة السطحية ودرجة حرارة التربة السفلية . ففى الأقاليم الصحراوية الحارة مثلا قد ترتفع درجة حرارة سطح الرمال أحيانا فى وسط النهار فى فصل الصيف إلى ٧٠° مئوية أو أكثر ولكنها تتناقص تدريجيا كلما تعمقنا بعيدا عن السطح حتى أن المياه الجوفية التى قد توجد على عمق بضعة أمتار تكون باردة . أما فى فصل الشتاء فقد يحدث العكس فتكون درجة حرارة السطح أقل من درجة حرارة التربة السفلية التى تظل محتفظة بحرارتها . ومعنى هذا بعبارة أخرى أن درجة حرارة التربة السفلية لايطرأ عليها تغير كبير من وقت إلى آخر بينما تتغير درجة حرارة التربة السطحية كلما تغيرت درجة حرارة الجو . ومن الظاهرات المعروفة أن التربة السفلية فى كثير من المناطق الباردة والقطبية متجمدة باستمرار منذ العصور الجليدية أو قبلها وتعرف هذه الظاهرة باسم Perma frost ، أى ظاهرة التجمد الدائم للتربة، ويمتد هذا التجمد لعمق كبير قد يصل إلى ٤٠٠ متر أو أكثر . ومع هذا فإن التربة السطحية فى نفس هذه المناطق تنصهر خلال فصل الصيف وتنمو بها الحشائش القطبية بل ويمكن استخدامها للزراعة ، إلا أن مثل هذه التربة تكون رديئة الصرف لأن المياه التى تتجمع على سطحها لاتستطيع التسرب إلى طبقاتها السفلى المتجمدة . وتعتبر الأمطار كذلك من أهم العناصر المناخية التى لها دخل مباشر وغير مباشر فى تكوين التربة . وهى كغيرها من العناصر لاتقوم بعملها منفردة بل إنها جميعا تعمل متضافرة . فالأمطار الكثيرة التى تسقط طول السنة أو فى معظم الأشهر على المناطق السهلية تؤدى إلى تبلل التربة باستمرار ، بل وإلى تراكم المياه فوقها مما يؤدى إلى

ذوبان مابها من أملاح قابلة للذوبان وإلى تصفية هذه الأملاح بالتسرب نحو التربة السفلية حيث تتجمع غالبا فى طبقة ملحية تتماسك بمرور الوقت حتى تتصلب وتتكون منها طبقة غير نفاذة تحول دون انصراف مياه التربة إلى اسفل مما يؤدى إلى رداءة صرفها وتدهورها .

ويطلق على عملية ذوبان أملاح التربة وتسربها إلى أسفل اسم عملي التصفية Leaching ، وهى تساهم فى تكوين أنواع متباينة من التربة على حسب كثرة الأمطار وتوزيعها الفصلى ودرجة حرارة الأقاليم التى توجدفيها، ففى الأقاليم الباردة المطيرة تؤدى هذه العملية ، مع قلة التبخر ، إلى تراكم البقايا النباتية بكثرة وتكدسها على السطح وعدم تحللها تحللا كافيا ، فينتج عن ذلك نوع من التربة النباتية الحمضية يعرف باسم تربة البودزول ، أما فى الأقاليم الحارة المطيرة مثل الأقاليم الاستوائية فإن عملية التصفية لاتزيل أكاسيد الحديد الحمراء من التربة بسبب عدم قابليتها للذوبان فينتج عن هذا تكون نوع من التربة الحمراء يشتهر باسم تربة اللاتيريت Laterite أى التربة الطوبية لأنها تشبه الطوب الأحمر .

وعلى العكس من كثرة الأمطار فإن قلتها فى الأقاليم الجافة تؤدى إلى جفاف التربة وإلى ارتفاع مياهها إلى السطح بتأثير الخاصة الشعرية حيث تتبخر تاركة مابها من أملاح على السطح أو تحته مباشرة، وبتكرار هذه العملية تزداد ملوحة التربة السطحية وتتكون فوقها قشرة ملحية . وبهذه الطريقة تتكون المسطحات المالحة والسبخات المنتشرة فى منخفضات كثير من الأقاليم الجافة .

وبالإضافة إلى تأثير المطر على نوعية التربة ، فإن له تأثيرا آخر بوصفه عاملا من عوامل التعرية ، حيث أن سقوطه بغزارة على جوانب المنحدرات ، وخصوصا المنحدرات الخالية من الغطاء النباتى ، يؤدى غالبا إلى جرف التربة وإزالتها باستمرار .

وتعتبر الرياح كذلك من العناصر المناخية التى لها دخل فى تكوين التربة ، وذلك باعتبار كونها عاملا من عوامل التعرية ، فهى تقوم بتذرية التربة الناعمة

فى المناطق الجافة ونقلها مما يؤدى إلى كشف القاعدة الصخرية التى ترتكز عليها أو الطبقة الحصوية التى تتخلف على السطح بعد أن تزيل الرياح الحبات الصغيرة التى كانت مختلطة بها . وبهذه الطريقة تكونت مناطق الحمادة الصخرية ومناطق الرق الحصوية التى تعتبر من أهم الأشكال السطحية فى الأقاليم الصحراوية .

كما تقوم الرياح من ناحية أخرى ببناء التربة فى المناطق التى ترسب فيها ماتنقله من رمال وأتربة ، فالمعروف مثلا أنها هى المسئولة عن تكوين بعض أنواع التربة المشهورة فى العالم وأهمها تربة اللويس التى توجد فى مناطق واسعة وبسمك كبير فى كثير من المناطق مثل شمال الصين ووسط أمريكا الشمالية .

ثالثا ــ التضاريس :

تتدخل التضاريس فى تكوين التربة بطرق مختلفة بعضها مباشر وبعضها غير مباشر ، فمن آثارها المباشرة أنها تساعد على انجراف التربة وتحول دون تراكمها على المنحدرات الشديدة والقائمة ، بينما تساعد على ترسيبها وتراكمها فى السهول والأحواض المنخفضة ، وفيما بين هاتين النهايتين يتدرج تأثير التضاريس على تكوين التربة وعلى تطورها .

ويعتبر انجراف التربة بالذات من أخطر المعوقات الزراعية فى الأقاليم الجبلية ، ولذلك فقد اهتم الزراع بمقاومته والتغلب عليه منذ العهود الحضارية القديمة ، ومن أشهر طرق مقاومته وأقدمها طريقة بناء المدرجات على المنحدرات وهى طريقة منتشرة فى مناطق كثيرة من العالم مثل اليمن والجزائر واندونيسيا وغيرها من بلاد جنوب شرق آسيا . وهناك طريقة أخرى تستخدم غالبا فى أوروبا وأمريكا ، وبمقتضاها تترك أشرطة من الأعشاب الطبيعية على الأطراف السفلية للحقول الواقعة على المنحدرات حتى تعوق انجراف التربة كما تفعل سدود المدرجات . وكلما كان الانحدار شديدا كلما احتاج الأمر إلى زيادة عرض الأشرطة وزيادة كثافة نباتاتها . ومن المتبع كذلك أن تبنى سدود

منخفضة بعرض الوديان التى تنحدر فيها المياه لتتجمع أمامها التربة فتتكون بذلك أحواض رسوبية صغيرة يمكن زراعتها بعد توقف جريان المياه .

وبالإضافة إلى الطرق السابقة التى تستخدم بقصد استخدام المنحدرات للزراعة ، فمن الممكن كذلك حماية تربة المنحدرات الجبلية بتشجيرها أو المحافظة على الغطاء النباتى الطبيعى الذى يكسوها .

رابعا ــ المياه :

تعتبر المياه المختلطة بحبيبات التربة من أهم العوامل التى تتدخل فى عمليات التحلل الطبيعية والكيميائية التى تحدث للكائنات العضوية التى توجد فى التربة ، وكلما كانت التربة جيدة الصرف ساعد ذلك على تطورها ونضوجها بشكل متعادل . أما إن كانت رديئة الصرف وظلت مبللة باستمرار فإن ذلك يؤدى إلى تكوين أنواع خاصة من التربة التى لاتصلح غالبا للزراعة إلا بعد تجفيفها وإصلاحها ، وكثيرا مايحدث هذا فى الأراضى المنخفضة فى المناطق المطيرة وفى المناطق التى ترتكز فيها التربة السطحية على طبقة صماء قريبة من السطح .

ويوجد الماء فى التربة بأشكال وصور متعددة من أهمها :

١) الماء الممتص Absorbed water وهو الماء الذى تجتذبه جزئيات التربة فيتجمع حولها ، ولكنها لاتحول دون انفصاله عنها عندما تحتاجه جذور النباتات ولهذا فانه يسمى أحيانا بالماء المتيسر .

٢) الماء الملتصق أو الهيجروسكوبى Hygroscopic water وهو الماء الذى يلتصق التصاقا شديدا جدا بحبات التربة بشكل أغشية رقيقة جدا لايمكن فصلها إلا بالتبخر عندما ترتفع درجة حرارة التربة إلى مائة درجة أو أكثر , ولهذا السبب فإن هذا الماء يسمى أحيانا بالماء غير المتيسر حيث أن النباتات لايمكنها أن تستفيد به .

٣) الماء الشعرى Capillary (or film) water . وهو الماء الذى يستطيع أن

يرتفع في مسام التربة بتأثير الخاصة الشعرية بسبب ضعف التصاقه بحبات التربة مما يسمح له بالارتفاع بين مسامها . ويمكن للنباتات أن تستفيد به .

٤) الماء الحر (الماء الفائض) Free or Gravitational water وهو الماء الزائد عن قدرة الجذب الشعرى . وهو يتحرك بقوة الجاذبية الأرضية وهو ماء غير مرغوب فيه لأن زيادته تؤدى إلى رداءة الصرف وسوء تهوية التربة واختناق جذور النباتات . كما أن التخلص منه عن طريق المصارف قد يؤدى إلى فقدان التربة لبعض الأملاح المفيدة للنباتات . ويظهر تأثير هذا الماء بوضوح فى المناطق الرطبة حيث يقوم بعمليتى الغسل والترسيب . وهذا الماء هو الذى تتكون منه الطبقة المائية الجوفية حيثما يصادف طبقة صماء تحول دون تسربه إلى أسفل .

خامسا ــ الكائنات الحية :

أن العلاقه بين التربه والكائنـات الحيـه علاقـه متبادلـه بمعنـى أن كلا منهما يعتمد على الآخر ، حتى أن موضوع التربة يدرس غالبا ضمن موضوع الجغرافيا الحيوية .

ويتوقف الدور الذى تؤديه الكائنات الحية فى تكوين التربة على نوع هذه الكائنات ، فالدور الذى تؤديه الكائنات المجهرية والحشرات مثل الديدان يختلف اختلافا تاما عن الدور الذى تؤديه الدواب بمختلف أنواعها بما فيها الإنسان والحيوانات المفترسة أو الذى تؤديه الطيور والزواحف وغيرها .

ويعتبر الغطاء النباتى بالذات أهم العوامل الحيوية التى تتدخل فى تكوين التربة ، لأنه يؤثر فيها ويتدخل فى تكوينها بطرق عديدة منها :

١ ــ أنه يقلل من الإشعاع الشمسى الواصل إليها فيقلل من درجة حرارتها أثناء النهار ، ويحفظ حرارتها أثناء الليل فيقلل من المدى الحرارى اليومى لها .

٢ ـ أنه يساعد على ضياع مياهها عن طريق النتح ولو أنه يقلل من ناحية أخرى من التبخر المباشر لمياهها .

٣ ـ أن جذور النباتات تعمل على تفكيك التربة وزيادة نفاذيتها وتهويتها .

٤ ـ أن النباتات تستخدم أشعة الشمس فى عمليات التمثيل الكلوروفيلى، وتحول بعض عناصر الهواء بطريقة كيميائية إلى عناصر جديدة تنتقل من النبات إلى التربة ومنها بعض المركبات النباتية للهمة مثل الجلوكوز والنشويات والسليلوز وبعض السكريات ، وتختلط هذه المركبات بالتربة نتيجة لتراكم بقايا النباتات عليها واختلاطها بها .

٥ ـ أنها تساهم فى نقل المواد المعدنية رأسيا فى التربة لأنها تمتص الأملاح والمواد المعدنية بواسطة الجذور من أعماق متباينة وتتركها على السطح مع البقايا النباتية .

٦ ـ تساهم بعض الأشكال النباتية فى تكوين أنواع معينة من التربة مثل تربة التشرنوزيم التى تتكون عادة فى مناطق الاستبس وتربة البودزول الحمضية فى مناطق الغابات الرطبة ذات الصرف الردىء .

٧ ـ أن الغطاء النباتى يحمى التربة من الانجراف على جوانب المنحدرات .

٨ ـ أن كثرة الكائنات الحية الدقيقة ، مثل الطحالب فى التربة تساعد على تحلل المادة العضوية وتحويلها إلى دبال وإلى عناصر غذائية مختلفة يستفيد بها النبات .

وتوجد من هذه الكائنات أنواع متباينة فى صفاتها ومناطق تكاثرها وآثارها ومن أهمها :

أ ـ الطحالب الأرضية التى تعيش عند سطح التربة والتى تكثر بها مادة الكلوروفيل ، وتساعد على تثبيت بعض الأزوت فى التربة عندما تكون مبللة ومعرضة للشمس .

ب ـ الفطريات وهى تتميز عن الطحالب بخلوها من الكلوروفيل وبعدم مقدرتها على تثبيت أزوت الهواء .

ج– البكتريا وهى من أكثر الكائنات الدقيقة انتشارا وهى تساعد على عدة عمليات كيمائية فى التربة مثل تثبيت النتروجين والتأزت وتأكسد الكبريت .

د – الأشينيات وهى أحياء نباتية دقيقة جدا بين الطحالب والفطريات وتتميز بمقدرتها على الحياة على سطح الصخور الجرداء بسبب قدرتها على الاستفادة من أى غشاء مائى دقيق وعلى امتصاص غذائها من بعض معادن الصخور غير المتحللة وعلى امتصاص بعض الأزوت من الهواء . وهى تمثل البداية الأولى للحياة النباتية على سطح الصخور العارية ، كما تعتبر من العوامل الأولى لتكوين التربة عليها .

نسيج التربة وتركيبها Soil texture and Soil structure :

المقصود بنسيج التربة هو حجم الحبات التى تتكون منها ، أما تركيبها فيقصد به الطريقة التى تتكتل بها هذه الحبات والأشكال التى تأخذها الكتل المكونة منها .

ويتدرج نسيج التربة على حسب حجم الحبات من قطع الأحجار المهمشة إلى الحصى والحصباء ثم الرمال بمختلف أحجامها (خشنة – متوسطة – ناعمة – ناعمة جدا) ثم الغرين « Silt » ثم الصلصال . وليست هناك حدود دقيقة لحجم الحبات التى يتكون منها نسيج التربة ومع ذلك فان هناك حدودا تقريبية يمكن أن يحدد بها هذا النسيج على أساس قطر الحبات المكونة لها كما يأتى[1] .

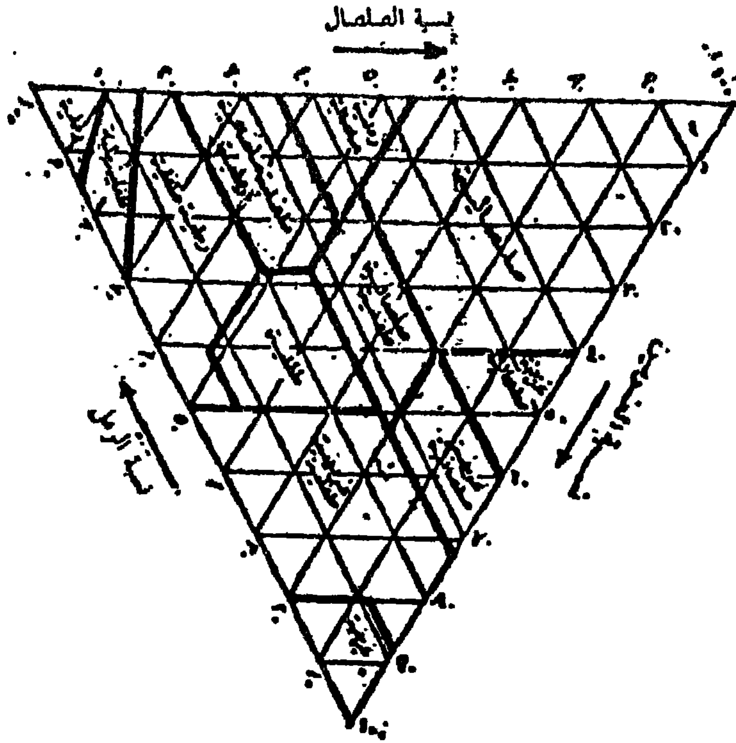
صلصال Clay – قطر الحبة ٠,٠٠٢ من المليمتر .

غرين Silt – قطر الحبة من ٠,٠٠٢ إلى ٠,٠٥ من المليمتر .

رمل Sand – قطر الحبة من ٠,٠٥ إلى مليمترين .

أحجار ، وحصى وحصباء « Grit » – قطر الحبة اكبر من مليمترين .

ولكن يندر أن تكون التربة مكونة من نوع واحد من هذه المواد ، والغالب



شكل (١٠٩) مثلث نسيج التربة

هو أنها تكون مكونة من خليط من حبات مختلفة الأحجام . ويحدد نوع التربة على أساس نسبة المواد التى يتكون منها النسيج فإذا كان النسيج مكونا من خليط من الرمل والغرين والصلصال فان أنواع التربة يمكن أن ترتب على أساس تزايد نسبة الصلصال والغرين بها كما يأتى : رملية ــ رملية طفلية ــ غرينية طفلية ــ صلصالية طفلية ــ صلصالية (شكل ١٠٩)

وتعتبر الحبيبات الصلصالية أدق الحبيبات التى يمكن رؤيتها فى نسيج التربة سواء بالعين المجردة أو بالمجهر ، ولكن هناك فضلا عن ذلك ذرات بالغة الدقة لايمكن رؤيتها ولكنها تظهر بشكل مادة غروية « Colloidal » تساعد على تماسك حبات التربة وحبيباتها . ويوصف نسيج التربة بأنه ناعم أو خشن على أساس حجم الحبات والحبيبات التى يتكون منها ، وكلما كان النسيج ناعما أى

(١) هذه هى الحدود التى وضعها مكتب الكيمياء والتربة فى الولايات المتحدة راجع United States Bureau of Chemistry and Soils « Soil and Man » Yearbook of Agriculture 1938 U. S. P. 893.

كانت حبيباته دقيقة ساعد ذلك جذور النباتات على أن تستمد غذاءها من سطح أوسع لأن مجموع سطح الحبيبات فى التربة الناعمة يكون أكبر منه فى التربة الخشنة ». والمعروف أن النباتات تستمد غذاءها من هذه السطوح ، وقد قدر مثلا أن الرطل الواحد من المواد الغروية يمكن أن يغطى مساحة قدرها خمسة أفدنة لو أنه نشر على سطح مستو .

والمألوف فى التربة هو أن الحبات والحبيبات لاتوجد متفرقة ولكنها تتكتل مع بعضها لتتكون منها مجمعات مختلفة الأشكال والأحجام . والنظام الذى تتكتل به الحبات هو مايعبر عنه باسم تركيب التربة أو بنائها « Soil Structure » وتأخذ الحبات فى تكتلها أشكالا معروفة فمنها مايتكتل فى مجمعات تأخذ أشكال قطع الصخور المهشمة أو الشظايا ذات الزوايا المحددة ، ومنها مايأخذ أشكالا كروية أو بيضاوية أو منشورية أو شكل الضفائر أو البلاط .

وقد يوصف تركيب التربة بأنه جيد أو ردىء على حسب درجة ملاءمته لنمو النباتات ، وترتبط جودة التركيب بعوامل مختلفة من أهمها وجود مواد تساعد حبات التربة على الالتصاق والتكتل . وأفضل المواد لهذا الغرض هى المواد التى تحتوى على غذاء عضوى أو معدنى مثل الدبال « Humus » والكالسيوم والبوتاسيوم والمنجنيز . كما أن نسيج التربة نفسه له دخل كبير فى خلق التركيب المناسب . وتعتبر التربة الغرينية والصلصالية من أكثر أنواع التربة ملاءمة لإيجاد التركيب الجيد بسبب كثرة مابها من مواد غروية .

ولئن كان التوازن الكيميائى فى تكوين التربة مهم لرفع قيمتها الإنتاجية فإن نسيج التربة وتركيبها يعتبران كذلك من الصفات المهمة التى يجب مراعاتها عند بحث هذه القيمة ، وهما يسيران جنبا إلى جنب ولايمكن أن يستغنى بأحدهما عن الآخر ، فلا يكفى مثلا أن يكون نسيج التربة ناعما مثل الصلصال أو الغرين دون أن يكون تركيبها جيدا لأنها تكون فى هذه الحالة صماء وغير ملائمة لتسرب الماء أو الهواء بين حباتها ، كما يكون نفاذ جذور النباتات فيها

صعبا . ولكن الذى يحدث غالبا هو أن تأخذ مثل هذه التربة تركيبا ملائما حيث تتحد حبيبات الغرين والصلصال مع بعضها لتتكون منها حبات كبيرة نسبيا تبدو كل منها وكأنها حبة أصلية مستقلة ، وهذا يسمح للهواء والماء بالتسرب فيها . وقد يحدث أن تعود هذه الحبات الكبيرة نسبيا فتتجمع مع بعضها لتتكون منها مجمعات أكبر حجما مما يؤدى إلى اتساع الفراغات التى تفصل بعضها عن بعض مما يسهل تهويتها .

القطاع الرأسى للتربة Soil Profile :

المقصود بالقطاع الرأسى للتربة هو القطاع الذى يبين الطبقات المكونة لها ، وهى الطبقات التى يمكن ملاحظتها فى كثير من الأحيان على جوانب الوديان والآبار والحفر العميقة . والمعتاد هو أن تكون التربة مكونة من عدد من الطبقات « Horizons » التى قد يكون من السهل تمييز بعضها عن بعض على أساس اللون أو التركيب أو النسيج . وهناك ثلاث طبقات رئيسية تكون غالبا موجودة فى معظم أنواع التربة ، ويرمز لكل طبقة منها بحرف كبير « Capital » من حروف الهجاء . وهذه الطبقات من أعلى إلى أسفل هى : الطبقات C,B,A . كما أن كل طبقة منها قد تكون مكونة من عدة طبقات أصغر .

وتتميز كل طبقة من الطبقات الرئيسية بصفات خاصة بها ، فالطبقة (A) تحتوى عموما على أكبر نسبة من المواد العضوية والكائنات الميكروسكوبية المتحللة (الدبال) . وهذه هى الطبقة التى تنمو فيها المحاصيل الزراعية ، كما أنها هى التى تتعرض دائما لعمليات التصفية وتشمل عملية ذوبان الأملاح وتسربها مع المياه إلى الطبقة التى تحتها Leaching ، وعملية إزاحة المواد الناعمة منها بواسطة المياه إلى الطبقة التى تحتها Eluviation . وتكون هاتان العمليتان نشطتين بصفة خاصة فى المناطق الرطبة .

أما الطبقة الثانية (B) فتختلف عن الطبقة الأولى فى النسيج والتركيب

واللون ، وفى هذه الطبقة تتجمع معظم الأملاح والمواد الناعمة التى تحملها المياه إليها من الطبقة الأولى ، وقد تكون هذه المواد فى بعض الأحيان كثيرة بدرجة تؤدى إلى تماسكها وجعلها صماء غير مسامية . وهى عادة خالية من الدبال .

وتتكون التربة بمعناها الدقيق من الطبقتين السابقتين ، وهما ترتكزان على الطبقة الثالثة (C) التى تتكون من المواد الصخرية الأصلية التى استمدت منها التربة ، والتى قد تكون عبارة عن طبقة من المواد الصخرية المفككة أو المتماسكة ، أو عبارة عن القاعدة الصخرية الصلبة نفسها ، وهى غالبا ماتكون خالية من أى مظهر من مظاهر التطور المعروفة فى التربة .

ولكن لايشترط أن تكون الطبقات الثلاث ممثلة كلها فى قطاع التربة ، ففى بعض الأحيان تكون الطبقة (A) مرتكزة فوق الطبقة (C) مباشرة ، كما يحدث كثيرا فى الأقاليم الجافة وشبه الجافة .

سمك التربة أو عمقها Soil Depth :

تخضع التربة أثناء تكوينها وتطورها لتأثير عاملين كبيرين يتعارض نشاط أحدهما مع نشاط الآخر وهما عامل البناء وعامل الهدم والإزالة ، فبينما يؤدى العامل الأول باستمرار إلى تكوين التربة نتيجة للتغيرات التى تطرأ على المواد التى تحتها فان العامل الثانى يؤدى باستمرار إلى نحتها وإزالتها وتصفية مابها من أملاح ومواد ناعمة وخصوصا فى طبقتها السطحية .

ويتوقف نمو التربة وازدياد سمكها على الفرق بين نشاط هذين العاملين ، ويكون عامل البناء غالبا أنشط فى مناطق السهول المستوية من عامل الهدم مما يترتب عليه ازدياد سمك التربة بحيث يصل أحيانا إلى عدة أمتار ، أما فى المناطق المنحدرة أو المموجة فإن سرعة بناء التربة تكون فى كثير من الأحيان مساوية لسرعة ازالتها ، ويترتب على ذلك أن تظل التربة رقيقة جدا ، بل وربما تختفى تماما بحيث تبدو القاعدة الصخرية مكشوفة .

نضوج التربة Maturity of the Soil :

يطلق تعبير التربة الناضجة على التربة التى أكتمل تكوينها وأصبحت تتمثل فيها الصفات العامة التى اكتسبتها خلال مراحل تكوينها وتطورها الطبيعى الذى يحدث عادة ببطء شديد ، ولكى يتم هذا النضوج يجب أن تبقى المواد الرسوبية الأساسية المكونة لها فى نفس مكانها زمنا طويلا ، وألا تطرا عليها خلال هذا الزمن تغيرات مهمة ، نتيجة لجرفها أو لإضافة رواسب جديدة بكميات كبيرة إليها ، أو نتيجة لحدوث تغيرات كبيرة فى الأمطار ونظام تصريف المياه ، وعلى أساس مراحل التكوين والتطور تقسم التربة أحيانا إلى ثلاث درجات هى : التربة الناشئة أو المتغيرة وهى التى مازالت فى بداية تكوينها ، ثم التربة الحديثة أو غير الناضجة ، ثم التربة الناضجة .

وتوجد التربة الناضجة عادة فى المناطق ذات الصرف الجيد ومن مميزاتها أن قطاعها يكون مكتملا أو ناضجا ومنتظما نتيجة لتطورها البطىء فى بيئة طبيعية ملائمة . وأصلح الأراضى لحدوث هذا التطور هى الأراضى التى لايكون استواؤها شديدا بدرجة تؤدى إلى تراكم المياه فوقها أو يكون انحدارها شديدا بدرجة تؤدى إلى جرف التربة باستمرار . ففى مثل هذه الأراضى يمكن أن تتطور التربة تحت تأثير العوامل المناخية والنباتات الطبيعية، كما تنشط فيها التفاعلات البكتريولوجية اللازمة لتحلل المواد العضوية فيها ، وينعكس أثر ذلك فى الطبقات التى يتكون منها قطاعها .

ويطلق تعبير القطاع الناضج « Mature Profile » على القطاع النهائى الذى تصل إليه التربة التى تطورت فى موضعها تطورا مطردا حتى وصلت إلى النضوج . وهذا القطاع يظل ثابتا بعد ذلك ولايتغير بمرور الوقت .

ويلاحظ أن قطاع التربة لايكون مكتملا غالبا فى المناطق التى تتجمع فيها رواسب جديدة باستمرار مثل السهول الفيضية لوديان الأنهار ، لأن التربة لاتكون فى هذه الحالة خاضعة لعوامل التطور العادية التى تساعد على اكتمال

قطاعها ، بل تكون متأثرة بصفة خاصة بالمواد الأصلية الجديدة التى كونتها وبدرجة انحدار سطح الأرض . ومثل هذه التربة يكون لها قطاعها الخاص الذى تفرضه ظروفها .

تصنيف التربة وأقسامها الكبرى :

ليس هناك تقسيم واحد تميز فيه أنواع التربة عن بعضها ، لأن تباين صفاتها من حيث النسيج والتركيب واللون ودرجة النضوج ودرجة الخصوبة وتباين ظروف تكوينها وتوزيعها ، بالإضافة إلى تباين الأغراض التى يوضع التقسيم من أجلها ، كل ذلك قد فتح المجال لظهور تقسيمات عديدة مبنية على أسس مختلفة ، ومن أشهر الأسس التى استخدمت لهذا الغرض مايأتى :

١ ــ المواد الصخرية التى تتكون منها .

٢ ــ اللون السائد فيها .

٣ ــ الأقاليم المناخية والنباتية التى نشأت فيها ، ويشتهر التقسيم الذى يعتمد على هذا الأساس باسم التصنيف الإقليمى المناخى The Zonal Classification (أو التقسيم النطاقى)

تصنيف التربة على أساس موادها الصخرية :

كان تصنيف التربة على هذا الأساس هو السائد حتى بداية القرن الحالى . وكانت تدخل فيه أنواع الرواسب نفسها والعوامل الطبيعية التى أدت إلى تكوينها وتراكمها سواء فى نفس مكانها أو بعد نقلها إلى أماكن أخرى ، فكانت التربة تقسم إلى أنواع مثل التربة الفيضية والتربة البركانية والتربة الجليدية والتربة الجيرية أو الرملية أو الصلصالية . كما كانت كل هذه الأنواع تقسم على أساس علاقتها بالصخور التى تحتها إلى مجموعتين كبيرتين هما :

أ ــ مجموعة الترابات المنقولة Transported التى تكونت من مواد رسوبية منقولة من أماكن أخرى غير الأماكن التى توجد فيها ، ومنها معظم

أنواع التربة الفيضية والجليدية والهوائية . وهى غالبا ماتكون مرتكزة على قاعدة صخرية مختلفة فى تركيبها عنها .

ب ــ مجموعة التربات الموضعيه « Residual » وهى التى نشأت من تجوية الصخور التى توجد تحتها مباشرة .

وعلى الرغم من أن هذا التصنيف لم يعد مقبولا كأساس لتقسيم شامل للتربة فى العالم ، فانه مازال مفيدا للدراسة فى مناطق محددة . لأن معرفة نوع الصخر الذىاستمدت منه التربة « Parent rock » والعوامل التى أدت إلى تجويته ونقل الرواسب الناتجة من هذه التجوية تساعد من غير شك على فهم الكثير من خواص التربة ومميزاتها من حيث النسيج والتركيب ونوع المواد المعدنية والأملاح التى توجد بها ودرجة خصوبتها وغير ذلك من الخواص . فالتربة التى تنشأ من تجوية الجرانيت مثلا (وهو صخر نارى حمضى) تكون معظم موادها الصخرية عبارة عن رمال كوارتزية وبعض الصلصال، كما تكون محتوية على نسبة عالية من كربونات البوتاسيوم والمغنسيوم ، أما التربة التى تنشأ من تجوية البازلت ، وهو كذلك صخر نارى ولكنه قاعدى فتكون معظم موادها الصخرية عبارة عن صلصال ، ومعه نفس أنواع المعادن التى تنشأ من تجوية الجرانيت ، ومثل هذا يمكن أن يقال عن المواد المتخلفة من تجوية الصخور الرسوبية والمتحولة بأنواعها المختلفة ، فكل منها ينتج موادا لها صفات خاصة به وصفات مشتركة مع المواد الناتجة من تجوية غيره من الصخور .

تصنيف التربة حسب اللون السائد فيها :

إن لون التربة فى حد ذاته ليست له قيمة كبيرة فى تقدير أهميتها ولكنه يمكن أن يتخذ مع ذلك دليلا مساعدا على معرفة بعض صفاتها الرئيسية . وعند دراسة الأنواع الكبرى للتربة سنجد أنه من الممكن تقسيمها على أساس اللون إلى أقسام كثيرة أشهرها التربة السوداء « Black Soil » والتربة البنية الكستنائية

« Chestnut Brown » (أو البنية الداكنة) ، والتربة البنية ، والبنية الرمادية « Gray Brown » ، والحمراء ، والصفراء ، والرمادية .

والتربة السوداء والتربة الكستنائية (البنية الداكنة) هما فى أغلب الأحوال أعظم أنواع التربة خصوبة ، ويرجع اللون الأسود أو البنى الداكن للتربة إلى وجود نسبة عالية من المواد العضوية المتحللة بها ووجود كميات متوفرة من العناصر الكيميائية ووجود تركيب ملائم ، ولكن يجب أن نتنبه إلى أن اللون الأسود أو البنى الداكن قد لايكون سببه هو وفرة المواد العضوية المتحللة بل ربما يكون راجعا إلى وجود مادة معدنية خاصة أو إلى رداءة الصرف فى الأقاليم الرطبة .

أما التربة الحمراء أو البنية المائلة للاحمرار فتكون غالبا أقل خصوبة من التربة السوداء أو التربة الكستنائية ،.. ويرجع لونها إلى وجود بعض أكاسيد الحديد غير المائية . وتتكون هذه الأكاسيد بصفة خاصة فى المناطق ذات الصرف الجيد فى الأقاليم المدارية وشبه المدارية التى ينتشر فيها هذا النوع من التربة انتشارا واسعا .

أما التربة الصفراء فالمعتقد هو أن لونها هذا يرجع إلى وجود أكاسيد حديد مائية « Hydrated Iron Oxides » بها . وتتكون هذه الأكاسيد نتيجة لاتحاد الأكاسيد بالماء . ولذلك فان هذه التربة تظهر غالبا فى المناطق ذات الصرف الردىء أو التى كانت ذات صرف ردىء فى وقت من الأوقات . وهى لاتعتبر بصفة عامة من أنواع التربة الخصبة .

والتربات ذات الألوان الفاتحة سواء منها التربة الصفراء أو الرمادية أو البيضاء لاتعد من التربات الملائمة للانتاج الزراعى الناجح إلا بالنسبة لبعض المحاصيل الخاصة ، ويرجع اللون الرمادى فى الغالب إلى فقر التربة فى

الاكسوجين وفى المواد العضوية والحديدية ، ومن أمثلتها التربة الموجودة فى مناطق الغابات فى شمال كندا وسيبريا ، حيث أدت كثرة الأمطار مع برودة الجو إلى تصفيتها تماما تقريبا من المواد الحديدية والعضوية . وتنتشر التربة الفاتحة كذلك فى المناطق الصحراوية بسبب فقرها فى المواد العضوية ، كما أن تجمع المواد الجيرية وبعض الأملاح القلوية قد يؤدى أحيانا إلى إزدياد اللون الفاتح فى التربة لدرجة أنها تبدو بيضاء فى بعض الأماكن . والتربة البيضاء هى أقل أنواع التربة خصوبة .

التصنيف الأقليمى المناخى (النطاق) The Zonal Classification

يعتبر تصنيف التربة على أساس الأقاليم المناخية وماتتميز به من حياة نباتية طبيعية خاصة من أحدث التصنيفات العامة . وهو كذلك من أكثر التصنيفات استخداما فى الوقت الحاضر . وقد كان الباحث الروسى جلينكا « Glinka »[1] من أول الباحثين الذين وجهوا النظر إلى وجود علاقة قوية بين توزيع الأنواع الرئيسية للتربة وبين الأقاليم المناخية ، فقد لاحظ فى أوروبا مثلا أن تربة البودزول « Podzol » تمتد فى شمال القارة فى نطاق يتفق مع نطاق المناخ البارد الرطب نسبيا ، الذى تسود فيه الغابات الصنوبرية ، وأنه إلى الجنوب من ذلك يمتد نطاق آخر تسود فيه التربة البنية ، وهو مناخ دافىء فى فصل الصيف وتتكون نباتاته الطبيعية من غابات نفضية . ثم إلى الجنوب من ذلك توجد التربة السوداء المعروفة باسم تشرنوزيم « Chernozem » فى مناطق الحشائش (الاستبس) التى يسودها مناخ شبه جاف شديد الحرارة فى فصل الصيف .

وفى نفس الوقت الذى لاحظ جلينكا : وجود علاقة قوية بين توزيع التربة فى أوروبا وبين الأقاليم المناخية بها لاحظ بعض الباحثين فى أمريكا أن نفس العلاقة تقريبا موجودة بين أنواع التربة الرئيسية فى هذه القارة وبين

(١) Glinka, K. D., The Great Soil Groups of the World and their Development, Translated by Marbut Edwards Brothers», 1927.

النطاقات المناخية بها . وبعد ذلك تبين أن علاقات مشابهة موجودة كذلك فى جهات أخرى من العالم ، ولذلك فقد أصبح من المتفق عليه تقريبا أن تصنيف التربة على أساس المناخ أفضل من تصنيفها على أساس نوع الصخر الأصلى أو اللون .

والواقع أن تأثير المناخ على عمليات تكوين التربة وتطورها « Pedological Processes » يظهر بوضوح فى نواح كثيرة ، فالمناخ هو الذى يتحكم فى تجوية الصخور وفى عمليات الإذابة والتصفية وفى عمليات تحلل المواد العضوية وفى كثير من العمليات الجيومورفولوجية التى تؤدى إلى جرف التربة أو نقلها وترسيبها وهكذا .

وفيما يلى وصف لأهم صفات التربة السائدة فى بعض الأنواع المناخية الرئيسية وهى : ١ ــ الأقاليم الرطبة ، ٢ ــ الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، ٣ ــ الأقاليم القطبية .

أولا ــ تربات الأقاليم الرطبة :

تشترك تربات هذه الأقاليم فى أنها خالية تقريبا من المواد الجيرية ، ولكنها غنية من ناحية أخرى ببعض المواد المعدنية ، خصوصا أكاسيد الحديد والألومينيوم ، ولذلك فان هذه التربات تشتهر فى مجموعها باسم البيدالفرز Pedalfers . وتعتبر مناطق الغابات من أهم المناطق التى تتكون فيها هذه التربات . وهى فى غالب الأحيان ذات حموضة مرتفعة وعلى درجة منخفضة نسبيا من الخصوبة . خصوصا وأن كثرة الأمطار لاتؤدى إلى تصفيتها من الجير فحسب بل إلى تصفيتها كذلك من أملاح البوطاس والفوسفات ومركبات النترات ، وكلها مواد لازمة للإنتاج الزراعى . ولكن على الرغم من أن هذه التربات تشترك فى مثل هذه الصفات العامة فان هناك اختلافا بين بعضها وبعض على حسب العوامل المحلية التى تتدخل فى تكوينها خصوصا مايتعلق منها بدرجة الحرارة ، فالتربة التى تتكون فى الأقاليم الرطبة الحارة أو الدائمة تكون مختلفة من نواح جوهرية عن التربة التى تتكون فى المناطق الرطبة الباردة .

ففى الأقاليم الحارة تساعد كثرة الأمطار وارتفاع درجة الحرارة على سرعة التفاعلات الكيميائية وعلى سرعة تحلل المواد العضوية ، ولكن كثرة المياه المتسربة فى التربة تساعد من ناحية أخرى على تصفيتها « Leaching » من المواد العضوية المتحللة ومن الأملاح المعدنية القابلة للذوبان، ويترتب على ذلك ظهور نوع فقير من التربة هو تربة اللاتيريت « Laterite » ، وهى تربة غنية جدا بأكاسيد الحديد والألومينيوم ، وفقيرة فى الجير والأملاح القابلة للذوبان مثل أملاح الفسفات والبوطاس والنترات ، كما أنها فقيرة كذلك فى المواد الدبالية « Humus » أى العضوية المتحللة تحللا تاما . واللون المشهور لهذه التربة هو اللون الأحمر أو البنى بسبب كثرة أكاسيد الحديد التى قد تكون فى بعض الأحيان كثيرة بدرجة يمكن معها استغلال هذه التربة كخام من خامات الحديد . وتعتبر تربة اللاتيرت من التربات غير الخصبة بسبب فقرها فى المواد اللازمة لغذاء النبات إلا أن ضعف الخصوبة تعوضه إلى حد ما ملاءمة الظروف المناخية التى تساعد على النمو ، ولذلك فإنها تنتج رغم فقرها إنتاجا طيبا من بعض المحاصيل الزراعية مثل الموز والكاكاو ونخيل الزيت والتوابل . ولقد كانت نفس هذه الظروف هى السبب فى نمو الغابات الكثيفة التى تتميز بها مناطق هذه التربة .

وقد أزيلت هذه الغابات من بعض المناطق وحل محلها الإنتاج الزراعى ، ويقوم الزراع الوطنيون فى المناطق المدارية الرطبة بتطهير بقع معينة من أراضى الغابات لاستغلالها فى زراعة محاصيلهم الغذائية ، ولكن سرعان ماتفقد هذه البقع الأملاح المعدنية اللازمة لغذاء النبات بسبب كثرة الأمطار وارتفاع درجة الحرارة وهما عاملان يساعدان على سرعة التجوية الكيميائية . ولهذا السبب فان هؤلاء الزراع يتبعون عادة أسلوب الزراعة المتنقلة .

وتربة اللاتيريت بمعناها الدقيق ، وهى التى تكون قد وصلت إلى آخر مراحل تطورها ، قليلة الوجود، والغالب هو وجود أنواع متباينة فيما بينها فى درجة تحولها إلى اللاتيريت الحقيقى . ويمكن أن نطلق عليها عموما اسم التربات

شبه اللاتيريتية Lateritic Soils . وفضلا عن ذلك فقد تختلف التربات شبه اللاتيريتية فيما بينها على حسب الاختلاف فى نوع الصخور الأصلية التى استمدت منها والاختلاف فى الظروف المحلية خصوصا مايتعلق منها بمظاهر السطح والمناخ . وبالإضافة إلى الأقاليم المدارية المطيرة فان بعض أنواع التربات شبه اللاتيريتية تنتشر فى بعض الأقاليم شبه المدارية حيث تكون الأمطار أقل انتظاما ودرجة الحرارة أقل نوعا ما ، ولو فى فصل من الفصول ، عنها فى مناطق الغابات المدارية المطيرة ، ففى هذه الأقاليم تظهر أنواع التربة الحمراء أو الصفراء التى تتميز بنفس الصفات العامة التى تتميز بها التربات اللاتيريتية وشبه اللاتيريتية فى مناطق الغابات المدارية المطيرة ، فهى مثلها فقيرة فى الجير والدبال وأملاح الفسفات والبوطاس والنترات ، ولكنها لاتكون على أى حال مصفاة بدرجة تلك التربات بسبب الفرق فى كمية المطر وتوزيعه .

أما فى الأقاليم الرطبة المعتدلة الباردة أو الباردة فان عمليات تكوين التربة تختلف عنها فى الأقاليم الحارة من نواح أساسية، ففى هذه الأقاليم تتعفن المواد العضوية وتتحلل ببطء بسبب انخفاض درجة الحرارة الذى يؤدى إلى ضعف نشاط البكتريا . ويترتب على ذلك تراكمها على السطح كما يحدث مثلا فى مناطق الغابات القريبة من الدائرة القطبية حيث تتراكم على أرض الغابة كميات كبيرة من كيزان الصنوبر وبذوره وغير ذلك من البقايا النباتية التى تتكون منها طبقة يزداد سمكها بالتدريج ، وتتسرب المياه الحمضية خلال التربة العليا حاملة معها مركبات الحديد والألومينيوم وبعض المواد العضوية التى تتجمع كلها فى التربة السفلى ، وينتج عن كل هذه العمليات تربة حمضية فقيرة تشتهر باسم تربة « البودزول Podzol » ويطلق على عمليات تكوينها تعبير « عمليات التحول البودزولى Podzolization » ، وهى تربة فقيرة جدا فى الجير الذى تعمل المياه الحمضية على إذابته وتصفيته باستمرار ، كما تكون طبقتها العليا مصفاة كذلك من مركبات الحديد والألومينيوم . وأحسن مثال للبودزول هو التربة الرمادية التى تغطى نطاقات واسعة فى إقليم الغابات الصنوبرية فى شمال أوروبا

وآسيا وأمريكا الشمالية ، والواقع أن كلمة بودزول هى التسمية الروسية لهذه التربة الرمادية . وبالإضافة إلى تربة البودزول المثالية توجد تربات تنتمى إلى نفس النوع ولكنها لم تصل فى تطورها إلى درجة النوع المثالى ، ويطلق عليها عموما اسم التربات شبه البودزولية . ومن أمثلتها التربات الرمادية البنية « Gray brown Soils » التى تغطى فى الولايات المتحدة نطاقا واسعا يمتد إلى الشمال من الأراضى الحمراء والصفراء الموجودة فى نطاق القطن فى الجنوب حتى نطاق البودزول فى القسم الأعلى من إقليم البحيرات فى الشمال ، والتربة الرمادية البنية التى تغطى كذلك مناطق واسعة فى شمال غرب أوروبا .

ثانيا — تربات الأقاليم الجافة وشبه الجافة :

تمتد هذه الأقاليم فى نطاقات عظيمة الاتساع فى العروض المدارية والمعتدلة ، وهى تشمل كل مناطق الحشائش والصحارى . وأهم مميزاتها المناخية هى قلة الأمطار . ولذلك فان عمليات التصفية « Leaching » فيها تكون ضعيفة جدا أو معدومة ، مما يجعلها دائما غنية بالأملاح ، كما انها تكون كذلك غنية بالجير الذى تساعد الظروف المناخية على تجميعه خصوصا فى القطاعات السفلى من التربة . وهذا هو السبب فى أنها كثيرا ماتوضع ضمن مجموعة التربات المعروفة باسم بيدوكالز « Pedocals » ، أى التربات الجيرية تمييزا لها عن تربات البيدالفر فى الأقاليم الرطبة كما سبق أن ذكرنا .

ويميل لون هذه التربات غالبا إلى السواد بسبب كثرة مابها من مواد عضوية متحللة أو دبال ، ومن أمثلتها التربة السوداء التى تغطى نطاقا عظيم الاتساع فى أواسط أمريكا الشمالية . ونطاقا عظيما كذلك فى جنوب روسيا ، وهى تربة عميقة وعظيمة الخصوبة ولذلك فقد أصبحت مناطقها هى أعظم مناطق الانتاج الزراعى فى العالم ، وخصوصا فى إنتاج القمح ، وهى تشتهر فى أمريكا باسم الأرض السوداء وفى روسيا باسم تشرنوزم « Chernozem » ، وحيثما تقل الأمطار نسبيا فان لون هذه التربة يتحول إلى اللون البنى الداكن أو البنى ، كما هى الحال فى مناطق الرعى الواقعة إلى الغرب مباشرة من نطاق القمح

ونطاق الذرة فى السهول العظمى بأمريكا الشمالية ، والتربة فى هذه المناطق من النوع المعروف باسم التربة الكستنائية البنية « Chestnut Brown Soil » . وهى أفقر نوعا ما من التربة السوداء فى المادة العضوية، ولكنها ذات تركيب جيد، وتتوفر فيها المواد المعدنية اللازمة لغذاء النبات ، كما توجد بها نسبة من الجير ، ومع ذلك فانها تستغل أساسا للرعى بينما تحتل الزراعة المركز الثانى بسبب عدم كفاية الأمطار لضمان نجاحها فى بعض السنين ، والقمح هو أصلح محاصيل الحبوب للزراعة فى هذه التربة ، ولكن انتاجه كثيرا مايتعرض للفشل بسبب الجفاف ، ويوجد فى روسيا نطاق كبير من هذه التربة إلى الشرق من نطاق التربة السوداء (تشرنوزم) ، وهو لايختلف فى ظروف استغلاله للزراعة والرعى عن ظروف النطاق المشابه له فى أمريكا الشمالية ، وحيثما تتوفر مياه الرى فى مناطق هذه التربة فانها تعطى محاصيلا غنية جدا .

أما فى الصحارى فان قلة المياه والنباتات الطبيعية تجعل فرصة التجوية الكيميائية ضعيفة جدا ، ولكن التفكك والتفتيت الميكانيكى يكون من ناحية أخرى كافيا لتكوين طبقة سطحية دقيقة الحبيبات من المواد الصخرية، ويحدث هذا التفكك بصفة خاصة نتيجة للتطرف فى درجة الحرارة ، ونتيجة لفعل الصقيع . ومن الطبيعى أن تكون نسبة المواد العضوية المتحللة بل وغير المتحللة فى التربة منخفضة جدا أو معدومة إلا حيثما يسقط قليل من الأمطار التى تساعد على نمو بعض العشب . وفقر التربة فى المواد العضوية المتحللة مع قلة المياه يجعلها مفككة ولاتجد مايحميها من فعل الرياح التى تذروها باستمرار . وتربة الصحارى غالبا غنية بالجير وبالأملاح القابلة للذوبان ، وحيثما تتوفر مياه الرى يكون من الممكن تحويلها إلى حقول زراعية خصوصا لزراعة الخضروات والمقاثى ، واللون السائد فيها هو اللون الرمادى gray الفاتح وكلما ازدادت نسبة الجير بها ساعد ذلك على ظهورها بلون مائل للبياض . ولاستغلال مثل هذه التربة يلزم الاعتماد على الأسمدة العضوية المخصبة لتعويض فقرها فى المواد العضوية .

ثالثا — تربات الأقاليم القطبية:

فى هذه الأقاليم لاتساعد شدة البرودة عموما على نشاط عمليات تكوين التربة وتطورها ، خصوصا فى المناطق الجافة الجرداء من الأقاليم القطبية . ففى هذه المناطق لاتساعد الظروف على نمو النباتات أو تحللها ، أو على حدوث تجوية كيميائية تستحق الذكر . ومع ذلك فان التجوية الميكانيكية الناشئة عن فعل الصقيع تكون نشطة جدا مما يؤدى إلى سرعة تكسر الصخور وتفتيتها . ومما يساعد على زيادة نشاط هذه التجوية أن سطح التربة لايكون محميا بأى غطاء نباتى ، كما أنه لايكون كذلك مغطى بأى غطاء جليدى ، لأن قلة رطوبة الهواء لاتساعد على حدوث التكثف اللازم لتكوين هذا الغطاء .

وتتميز التربة فى هذه المناطق ، بل وفى المناطق القطبية عموما ، بأن طبقاتها السفلية تكون متجمدة باستمرار حتى عمق قد يصل إلى بضع مئات من الأمتار . وتعرف هذه الظاهرة باسم « بيرمافروست Permafrost » . وهى تساعد على تركيز التجوية الميكانيكية الصقيعية فى الطبقة السطحية فقط . وقد أدى ذلك بمرور الزمن إلى تكوين طبقة من الصخور المهشمة والحصى والرمال الخشنة فوق السطح . وعلى الرغم من أن تجوية الصخور تؤدى كذلك إلى تكون بعض الرواسب الناعمة مثل الرمال الدقيقة والأتربة ، فان قوة الرياح فى هذه المناطق تؤدى إلى إزالتها بمجرد تكونها ، وهذا يحول بالطبع دون تكون أية تربة ناعمة ، إلا فى بعض المواضع القليلة المحمية .

ولكن هذه الحالة تتغير نوعا ما فى مناطق التندرا . ففى هذه المناطق ترتفع درجة الحرارة فى فصل الصيف فوق درجة التجمد وتسقط بعض الأمطار ، وتنمو نتيجة لذلك حياة نباتية عشبية قد تكون كثيفة نوعا ما . ولهذه الظروف فان مناطق التندرا تكون فى جملتها أكثر ملاءمة لحدوث عمليات تكون التربة وتطورها من المناطق الجرداء . فوجود النباتات يعمل على حماية التربة فى أغلب المناطق ، كما أن ارتفاع درجة الحرارة فى فصل الصيف يساعد على نشاط بعض

عمليات التجوية الكيميائية وعلى تحلل البقايات النباتية والحيوانية ، ولو بدرجة جزئية .

وهنا أيضا نجد أن ظاهرة « البيرمافروست » تظهر بوضوح . ونظرا لكثرة المطر نسبيا فان هذه الظاهرة تؤدى إلى تجمع المياه فى التربة السطحية مما يؤدى إلى تكون كثير من المستنقعات وإلى بقاء التربة مبللة لفترات طويلة ويكون الصرف رديئا بصفة عامة ، ولهذا السبب فان التربة تكون غالبا مائلة للحموضة .

١٤ ـ ٢ ـ النباتات الطبيعية وتوزيعها العام

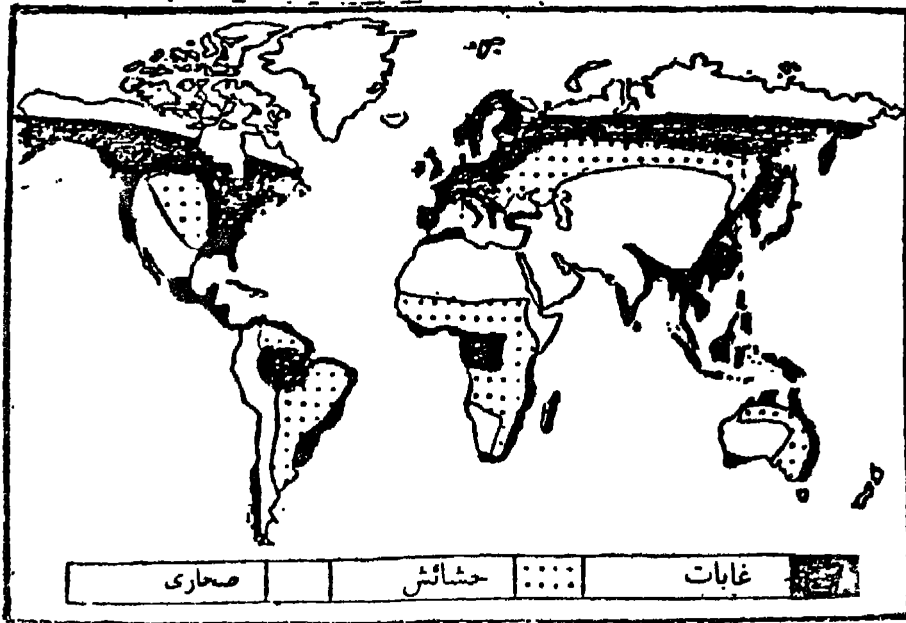
تمهيد :

رغم أن الانسان قد عمد في معظم بقاع العالم إلى إزالة النباتات الطبيعية بمختلف أنواعها سواء لإحلال الزراعة محلها أو لأى غرض آخر ، فان الحياة النباتية الطبيعية التى مازالت موجودة فوق سطح الأرض تعتبر رغم قلتها بالنسبة لما كانت عليه من قبل من أهم أن لم تكن هى أهم مورد من موارد الثروة الطبيعية فى العالم ، خصوصا إذا أضفنا إليها الحياة الحيوانية التى تعيش فيها أو عليها سواء فى ذلك تلك الحيوانات التى استأنسها الانسان على مر العصور واستخدمها لأغراضه الخاصة ، أو تلك التى مازالت تعيش بريا فى مناطق كثيرة ، أهمها مناطق الغابات والحشائش فى العروض المختلفة .

ويمكننا أن ندرك عظم الأهمية الاقتصادية للنباتات الطبيعية إذا تصورنا مثلا مقدار مايستهلكه العالم يوميا من الأخشاب فى أغراض البناء أو صناعة الأثاث ، أو فى مد السكك الحديدية وصناعة السفن ، أو فى غير ذلك من الأغراض . إن جميع هذه الأخشاب مصدرها الغابات الطبيعية التى تنمو فى مناطق معروفة من العالم . وقد بدأت كثير من الدول المتحضرة خصوصا فى أوروبا وأمريكا ، تدرك الخطر الذى يهدد بزوال غاباتها الطبيعية ، نتيجة لعظم الطلب عليها من جهة ولطغيان الزراعة عليها من جهة أخرى ، فسنت لذلك بعض القوانين التى تنظم بمقتضاها استغلال ماتبقى من هذه الغابات ، كما بذلت مجهودات كبيرة لزراعة غابات جديدة لتعويض النقص الناتج عن كثرة الاستهلاك . ويمكننا كذلك أن نتبين الأهمية الكبرى للحياة النباتية الطبيعية إذا عرفنا أن مايستهلكه العالم من لحوم وجلود وأصواف يأتى معظمه من المناطق ذات المراعى الطبيعية ، التى تربى عليها قطعان كبيرة من الماشية والأغنام ، كما هى الحال فى مراعى أوروبا والأمريكتين وإستراليا .

المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية :

بينا فيما سبق أن المناخ هو العامل الرئيسى الذى يتحكم فى توزيع الحياة النباتية فوق سطح الأرض ، خصوصا وأن التربة نفسها ، وهى من العوامل التى تتدخل كذلك فى حياة النباتات ، تستمد معظم خواصها من الظروف المناخية السائدة ، وتعتبر الأمطار أهم عنصر مناخى تتوقف عليه كثافة الحياة النباتية ومظهرها العام ، فعلى فرض عدم الاختلاف فى درجة الحرارة نجد أن النباتات فى الأقاليم الماطرة تكون أعظم كثافة منها فى الأقاليم قليلة المطر أو الجافة ، وعلى هذا الأساس تقسم الحياة النباتية عموما إلى ثلاث مجموعات كبرى ، هى الغابات والحشائش والصحارى (أنظر شكل ١١٠) ، ولكن يلاحظ أن النباتات التى تتألف منها كل مجموعة من هذه المجموعات تتباين فى فصائلها وأنواعها ، وكذلك فى درجة كثافتها من منطقة إلى أخرى تبعا لعوامل أخرى ، أهمها درجة الحرارة وطول فصل النمو والتوزيع الفصلى للأمطار ، وعلى هذا الأساس قسمت كل مجموعة من المجموعات السابقة إلى عدة أنواع ينمو كل منها فى أقاليم تتميز بظروف مناخية خاصة ، كما سنوضح فيما بعد .



شكل (١١٠) توزيع المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية

١٤ ـ ١ ـ ١ ـ الغابات

تتكون الغابات أو مناطق الأشجار « Woodlands » بصفة عامة من نباتات خشبية أهمها الأشجار المرتفعة التى تفصل بينها فى كثير من الأحيان شجيرات وأحراج أقصر منها . وعلى أساس حجم الأشجار وتقاربها ودرجة اختلاطها بغيرها من النباتات الصغيرة ، تقسم مناطق الأشجار عادة إلى ثلاثة أنواع هى :

١ ـ الغابات بمعناها الدقيق « Forest » ، وهى التى تكون أشجارها غالبا مستقيمة الجذوع ومرتفعة ومتقاربة جدا بحيث تتشابك أجزاؤها العليا ، ٢ ـ أدغال « Bushwoods » وفيها تكون الأشجار متباعدة نوعا ما ، وتفصل بينها شجيرات واحراج كثيفة تحول دون تشابك قممها ٣ ـ الأحراج « Shrubwoods » أو « Scrubs » وفيها تسود الأحراج والشجيرات التى تغطى الأرض بينها بالحشائش ، أما الأشجار الكبيرة فلا تظهر إلا على مسافات متباعدة[١] ويطلق اسم المناطق الشجرية « Woodlands » على الغابات التى تكون أشجارها غالبا مستقيمة الجذوع ، ومتباعدة نوعا ما .

مناخ الغابات : أهم شرط يجب توفره لنمو الغابات هو وفرة المياه ، لأن الأشجار تحتاج عادة إلى مقادير من المياه أكثر مما يحتاجه أى نوع آخر من النباتات ، والسبب فى ذلك هو أن شكل الشجرة وكثرة أغصانها وأوراقها يجعلها تفقد مقادير كبيرة من المياه بواسطة النتح (بالنسبة للمساحة التى يغطيها جذعها) . وليس من شك فى أن ارتفاع الأشجار نفسه يساعد كذلك على نشاط عملية النتح لأنه يجعل أجزاءها العليا أكثر تعرضا لحركة الرياح من النباتات القصيرة .

ولكن يلاحظ من ناحية أخرى أن الجذور الطويلة التى تتميز بها الأشجار عموما تجعلها أقدر على استغلال المياه الباطنية ومياه التربة العميقة من النباتات الصغيرة مثل الحشائش ، ولهذا فإنها تستطيع مقاومة الجفاف فى فصل انقطاع

(١) Finch, C. V. & Trewartha G. T « Physical Elements of Geography » 1949. p. 417

الأمطار ، بشرط أن تظل التربة نفسها محتفظة بمقادير كافية من الرطوبة التى تتجمع فيها خلال الفصل المطير ، وذلك بخلاف الحال بالنسبة للحشائش التى تموت غالبا خلال الفصل الجاف ، ثم تعود للظهور بمجرد سقوط الأمطار .

وتستطيع الأشجار أن تنمو فى درجات حرارة مختلفة ، ولكن أنواعها وفصائلها تختلف فى المناطق الحارة عنها فى المناطق المعتدلة أو الباردة . وهناك مع ذلك حد أدنى لدرجة الحرارة التى تستطيع الغابات أن تنمو فيها ، فهى لايمكن أن تنمو فى الأقاليم الباردة إلا إذا كان هناك فصل دافىء يزيد معدل درجة الحرارة أثناءه عن ٦° (صفر النمو) ويرتفع فى شهر واحد على الأقل من شهوره إلى ١٠° م أو أكثر ، ولهذا فان الحد الشمالى للغابات فى أوراسيا وأمريكا الشمالية يتفق بصفة عامة مع خط حرارة ١٠° م لادفأ الشهور .

ولما كان فصل الصيف فى العروض المعتدلة والباردة هو الفصل الذى ينشط فيه نمو النباتات وتشتد أثناءه حاجتها للماء ، فإن المناطق التى تغزر فيها الأمطار صيفا تكون غالبا أصلح لنمو الغابات من المناطق التى تسقط أمطارها فى فصل الشتاء إذا كانت درجة الحرارة أثناءه أقل مما يلزم لنمو الأشجار . ويمكننا بناء على هذا أن نلخص الشروط الواجب توفرها لنمو الأشجار بصفة عامة فيما يلى :

١ ـــ أمطار غزيرة تسقط طول السنة أو على الأقل خلال فصل النمو .

٢ ـــ أن تكون التربة السطحية والسفلية محتوية باستمرار على مقادير كافية من الرطوبة .

٣ ـــ أن يكون هناك فصل دافىء يزيد معدل درجة حرارته على ٦° م وترتفع فى شهر واحد على الأقل من شهوره إلى ١٠° م أو أكثر .

أنواع الأشجار : يمكننا أن نميز الأشجار التى تتكون منها الغابات المختلفة فى العالم على أسس مختلفة أهمها :

أ ـــ موسم سقوط الأوراق : وعلى هذا الأساس يوجد نوعان من

الأشجار ، هما : ١ ـ الأشجار النفضية وهى التى تسقط كل أوراقها فى فصل معين من السنة ، هو عادة فصل البرودة الشديدة أو فصل الجفاف الشديد ، ٢ ـ الأشجار دائمة الخضرة ، وهى تسقط أوراقها فى أى وقت من الأوقات ولكنها لاتسقطها كلها فى وقت واحد ، بل إنها تجددها باستمرار بحيث تبدو دائما خضراء .

ب ـ شكل الأوراق : فمن الأشجار ماتكون أوراقه إبرية ، كما هى الحال فى الأشجار الصنوبرية ، ومنها ماتكون أوراقه عريضة ، كما هى الحال فى معظم الأشجار النفضية وبعض الأشجار دائمة الخضرة .

جـ ـ نوع الأخشاب : وعلى هذا الأساس تقسم الأشجار عموما إلى قسمين : هما ١ ـ أشجار خشبها لين « Softwood » ، وينطبق هذا بصفة عامة على أشجار الغابات الصنوبرية ذات الأوراق الإبرية ، ٢ ـ أشجار خشبها صلب « Hardwood » وينطبق هذا بصفة عامة على أخشاب الغابات النفضية ومعظم الأشجار التى تنمو فى المناطق الحار .

أشجار خشبها صلب				أشجار خشبها لين	
الساج	Teak	البلوط (السنديان)	Oak	الصنوبر	Pine
الأبنوس	Ebony	الزان	Beech	الشربين	Fir
الكابلى (الماهوجنى)	Mahogany	الجوز	Walnut	الأرز	Cedar
الصمغ	Gum	الزيزفون	Linden	السرو	Cypress
الحور	Poplar	القسطل	Chestnut	الشوكران	Hemlock
الاسفندان	Mable	الجميز	Sycamore	لاريس	Larch

(١) Klimm, L.E. Starkey, O.P. & Hall, N.F. « Introductory Economic Geography, » 1949 p. 119.

ويجب أن نلاحظ مع ذلك أن هذا التقسيم عام جدا ، وذلك لعدم وجود تحديد دقيق للأخشاب اللينة أو الأخشاب الصلبة .

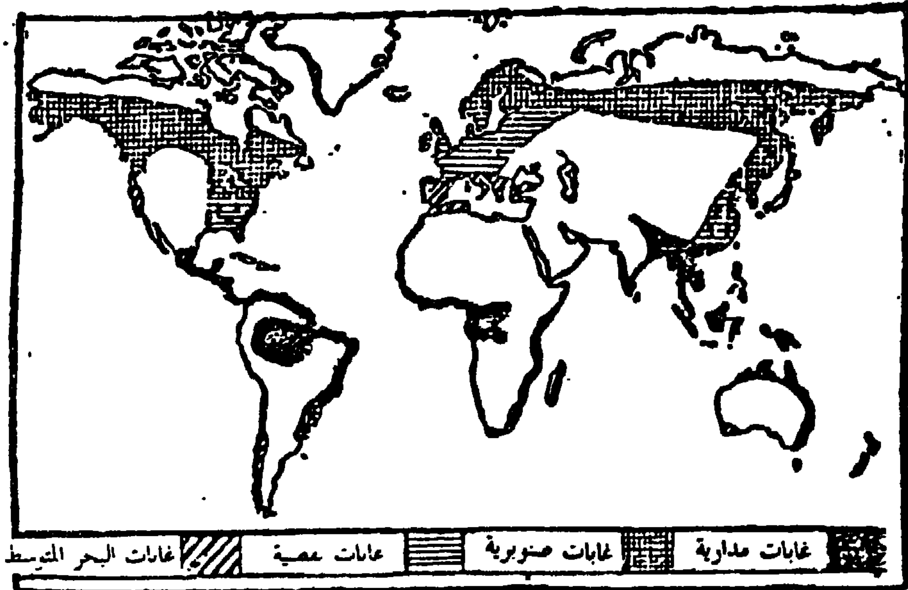
الأنواع الرئيسية للغابات وتوزيعها الجغرافى :

تنقسم الغابات على حسب صفاتها العامة والظروف المناخية التى تلائمها إلى الأنواع الآتية : وهى مبينة بصفة إجمالية فى الخريطة شكل (١١١) .

اولا — الغابات المدارية : وهى تنمو فى الأقاليم الحارة التى لايقل المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة فيها عن ١٨° م تقريبا[١] ، ولكنها تختلف فى كثافتها وفى تنوع أشجارها على حسب كمية الأمطار ونظام سقوطها، وهى تقسم عادة إلى الأنواع الآتية :

١ — الغابات المدارية المطيرة Tropical Rain Forests

٢ — الغابات المدارية شبه النفضية Tropical Semideciduous Forests



شكل (١١١) توزيع الأنواع الرئيسية للغابات فى العالم

(١) الحدود المذكورة هنا هى التى اقترحها أوستن ملر للمناطق الحرارية فى سنة ١٩٥٣

وهى التى تسمى أحيانا بالغابات المدارية الجافة أو الغابات دون الاستوائية .

٣ ــ الغابات الساحلية أو المانجروف Mangrove Forests

٤ ــ الأحراج والغابات الشوكية Scrubs and Thorn Forests

ثانيا ــ غابات المنطقة المعتدلة الدافئة : وهى المنطقة التى لاينخفض المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة فيها عن ٦° م فى أى شهر من الشهور وأهم أنواع الغابات التى تنمو بها هى :

١ ــ غابات البحر المتوسط .

٢ ــ الغابات الرطبة الدافئة فى شرق القارات (غابات الصين) .

ثالثا ــ غابات المنطقة المعتدلة الباردة : أى التى يوجد بها فصل شديد البرودة ، وينخفض أثناءه المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة عن ٦° م ويوجد بها نوعان من الغابات هما :

١ ــ الغابات النفضية Deciduous Forests

٢ ــ الغابات الصنوبرية Coniferous Forests

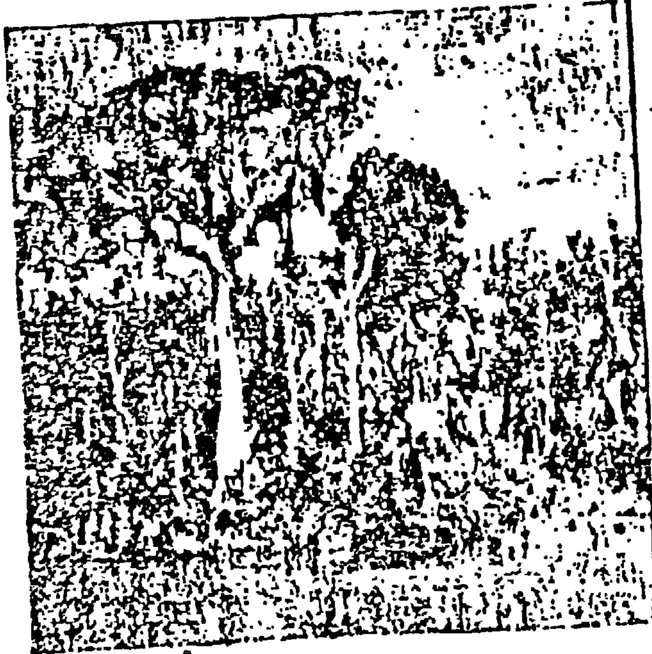
١٤ ــ ٢ ــ ١ ــ ١ الغابات المدارية

١ ــ الغابات المدارية المطيرة (شكل ١١٢):

تشغل هذه الغابات مناطق واسعة فى الأقاليم الحارة التى تسقط أمطارها طول السنة ، كما هى الحال فى الكونغو وساحل غانا فى إفريقية ، وحوض الأمزون وجنوب شرق البرازيل فى أمريكا الجنوبية ، ثم جزر إندونيسيا وشبه جزيرة الملايو ، وهى تنمو بصفة خاصة فى المناطق السهلية ، ولكنها تنمو كذلك فوق منحدرات الجبال والهضاب حتى ارتفاع لايزيد على ٢٠٠٠ قدم فوق سطح البحر ، ويعتبر حوض الأمزون أكبر منطقة فى العالم تغطيها هذه الغابات ، وهى تشتهر هنا باسم السلفا « Selva » ولكن كثيرا مايطلق هذا

الاسم كذلك على الغابات التى من نفس النوع فى حوض الكنغو وغيره من المناطق .

وتتكون الغابات المدارية المطيرة فى جملتها من أشجار دائمة الخضرة ، عريضة الأوراق ، لها جذوع مرتفعة ، تتشابك أجزاؤها العليا بدرجة لاتسمح بوصول الضوء إلى قلب الغابة ، الذى يكون لهذا السبب شديد الظلمة فى بعض الأحيان ، ويلاحظ أن جذوع الأشجار تخلو غالبا من الأغصان والأوراق ، ولكنها تحاط بأمراس ضخمة من النباتات المتسلقة التى ترتفع إلى أعلى لكى تصل إلى ضوء الشمس ، وفيما عدا ذلك تخلو أرض الغابة من الحشائش والشجيرات القصيرة ، لأن عدم وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض لايساعد على نمو هذه النباتات . وليس هناك موسم معين لخروج الأوراق أو الأزهار فى هذه الغابات حيث أن ذلك يحدث فى جميع فصول السنة على حد سواء .



شكل (١١٢) الغابات المدارية المطيرة (منظر فى البرازيل)

وأنواع الأشجار المدارية المطيرة متعددة جدا ، وبعضها له قيمة اقتصادية كبيرة ، إما لأخشابه أو لثماره ، أو لما يستخرج منه من مواد أولية ، والأخشاب فى جملتها من النوع الجامد ، ومن أشهرها خشب الماهوجنى (الكابلى) « Mahogany » وتشتهر هندراوس (فى أمريكا الوسطى) بصفة خاصة بتصديره ، ومن الأشجار المهمة أيضا المطاط والموز والكينا واللبان والكاكاو .

وقد اكتشفت شجرة المطاط الطبيعية لأول مرة فى غابات حوض الأمزون ثم نقلت إلى الملايو وجزر الهند الشرقية حيث زرعت فى مساحات واسعة ، فضلا عن أنها زرعت كذلك ، ولكن على نطاق ضيق نسبيا فى غرب إفريقية والبرازيل .

أما أشجار الموز فتزرع فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى بعض المناطق الساحلية المنخفضة من الأقاليم المدارية الرطبة خصوصا فى هندوراس « Honduras » وجمايكا « Jamaica » وهما أهم البلاد التى تصدر الموز فى العالم .

أما اللبان « Chicle » فعبارة عن عصارة بعض الأشجار التى تنمو فى الغابات المدارية المطيرة فى أمريكا الوسطى والجنوبية ، وتحول هذه العصارة إلى اللبان المعروف « Chewing Gum » الذى يعتبر من صادرات جواتيمالا المهمة .

أما أشجار الكينا « Chincona » التى تستخرج منها الكينا والكينين فتنمو بكثرة فى جاوة وكولومبيا وإكوادور .

ويعتبر الكاكاو كذلك من الأشجار المهمة فى الغابات المدارية المطيرة ، وهو يزرع الآن بكثرة فى غرب إفريقيا ، خصوصا فى غانا التى تنتج حوالى نصف محصول العالم منه ، وتوجد بعض مزارعه المهمة كذلك فى أمريكا الوسطى .

ويلاحظ أن استغلال الأشجار التى تنمو طبيعيا فى الغابات المدارية المطيرة

تقف دونه عقبات متعددة ، منها صعوبة المواصلات داخل الغابة ، ثم انتشار الحشرات التى تسبب بعض الأمراض الخطيرة ومنها مرض النوم الذى تسببه ذبابة « تسى تسى » المشهورة ، وذلك فضلا عن تعدد فصائل النباتات والأشجار فى الغابة واختلاطها بدرجة كبيرة جدا مما يجعل من الصعب العثور على الأشجار ذات القيمة الاقتصادية لأن هذا يتطلب البحث عنها فى مساحات واسعة من الغابة . ولهذه الأسباب نجد أن المهتمين بإنتاج المطاط أو الكاكاو أو غيرهما من الغلات المدارية يفضلون عادة إزالة الغابات الطبيعية ، وزراعة أشجار خاصة محلها . إلا أن عملية إزالة الغابات نفسها تعتبر من العمليات الشاقة عظيمة التكاليف ، ويرجع هذا إلى عظم كثافة الغابات وصلابة أخشابها ، فضلا عن أن غزارة الأمطار طول السنة تجعل من الصعب الاستعانة على إزالتها بواسطة إشعال الحرائق فيها ، كما هو متبع فى بعض الأقاليم التى تتميز بوجود فصل جاف .

٢ ـ الغابات المدارية شبه النفضية (شكل ١١٣):

تنمو هذه الغابات فى الأقاليم التى تسقط بها أمطار غزيرة فى فصل الصيف ويوجد بها فصل جاف فى الشتاء ، ومن أمثلتها ١ ـ الأقاليم الموسمية فى جنوب وجنوب شرق آسيا مثل الهند وبورما والهند الصينية ، وفى شمال استراليا ، ويطلق على غابات هذه الأقاليم اسم الغابات الموسمية ، ٢ ـ الأقاليم الواقعة على حافة الغابات المدارية المطيرة فى إفريقية ، وفى حوض الأمزون ، ويطلق على الغابات التى تنمو فيها أحيانا اسم غابات السڤانا « Savanna Forests » ، أو الغابات دون الاستوائية ، وهى تمثل مرحلة انتقال بين الغابات المدارية المطيرة من جهة والسڤانا من جهة أخرى .

وتتميز هذه الغابات عن الغابات المدارية المطيرة من عدة وجوه ، أهمها أن كثيرا من أشجارها ونباتاتها تسقط أوراقها وتتوقف عن النمو فى فصل الجفاف ، ولهذا فان الغابة تبدو أقل اخضرارا فى هذا الفصل منها فى الفصل المطير ، وذلك فضلا عن أن الأشجار نفسها تكون أقل ارتفاعا وأكثر تباعدا منها فى



شكل (١١٣) غابة مدارية شبه نفضية

الغابات المطيرة ، كما أن الكثير منها يتفرع بالقرب من سطح الأرض . وتتغطى الأرض فيما بينها بكثير من الشجيرات والأحراج والحشائش التى تجعل التنقل فى داخل الغابة أمرا شديد الصعوبة فى كثير من الأحيان . ويلاحظ كذلك أن النباتات المتسلقة فى هذه الغابات أقل بكثير منها فى الغابات المطيرة .

وأهم أنواع الأشجار التى تنمو فى هذه الغابات هى أشجار السنط « Acacia ». وتشتهر الغابات الموسمية فى جنوب شرق آسيا بصفة خاصة بكثرة أشجار الخيزران الطويلة « Bamboo » وكذلك أشجار التيك (الساج) Teak ، التى تنفض أوراقها فى فصل الجفاف ، وهى ذات قيمة اقتصادية ، حيث تستخدم أخشابها « الصلبة » فى صناعة الأثاث .

وأقاليم الغابات الموسمية أصلح لحياة الإنسان من أقاليم الغابات المدارية المطيرة ، وأسهل منها فى تحويلها إلى حقول زراعية ، وقد تحولت بالفعل كثير من الأقاليم الموسمية منذ زمن بعيد إلى إنتاج بعض المحاصيل المهمة مثل الأرز وقصب السكر والموز وزيت النخيل والبن والذرة الرفيعة .

٣ ـ الغابات الساحلية (المانجروف) :

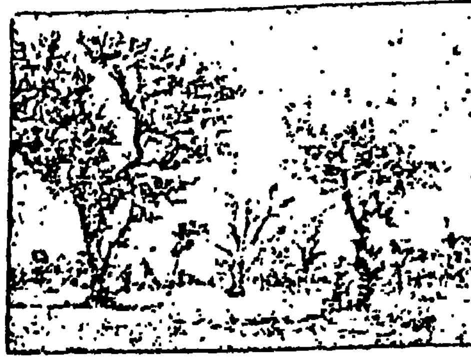
تتميز السواحل المنخفضة فى نطاق الغابات المدارية المطيرة بظهور غابات كثيفة تتكون فى جملتها من أشجار دائمة الاخضرار تعرف باسم أشجار المانجروف ، وهى تنمو عادة فى شريط ساحلى ضيق جدا ، خصوصا عند مصبات الأنهار وفى المواضع التى تصل إليها مياه المد ، ويتراوح ارتفاع هذه الأشجار مابين ٥ و ٧ أمتار ، وهى تتميز بكثرة فروعها ، وبكثرة الجذور العرضية التى تتدلى من فروعها نحو الأرض وتتكون منها شبكة يصعب اختراقها ، وهى ذات أوراق مستطيلة ملساء ، وتحمل طول السنة تقريبا أزهارا لونها أصفر فاتح ، وثمارا مخروطية الشكل تشبه ثمار التوت ويميل لون جذوعها إلى الاحمرار[1] .

وتعتبر هذه الغابات من أهم العقبات التى تعترض الملاحة على طول كثير من السواحل المدارية . لأنها تجعل الانتقال من البحر إلى الداخل أمرا فى غاية الصعوبة ، فضلا عن أنها تحول دون إنشاء المرافىء الصالحة لرسو السفن ، ولئن ظهرت بعض الموانى المهمة على هذه السواحل فانها توجد دائما فى المناطق التى تخلو من أشجار المانجروف .

٤ ـ الأحراج والغابات الشوكية (شكل ١١٤) :

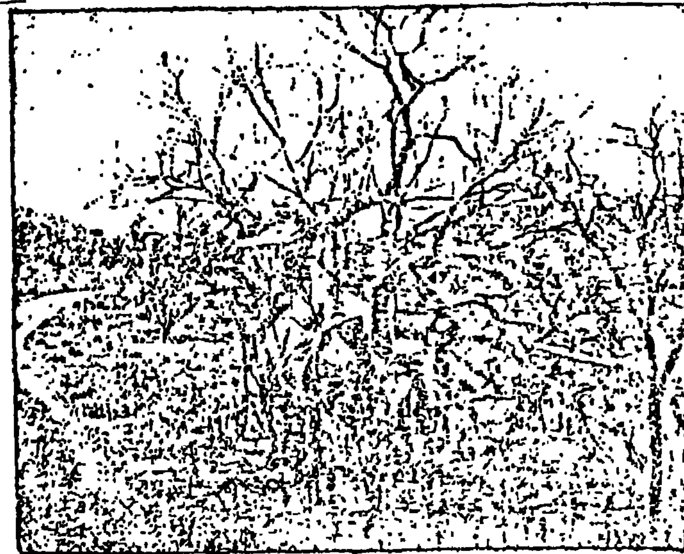
تنمو هذه الغابات فى الأقاليم المدارية التى يوجد بها فصل جاف طويل ، وهى تتكون فى جملتها من أشجار صغيرة متناثرة جميعها نفضية ، وتتغطى الأرض فيما بينها بالحشائش ، وتجف الغابة تماما فى فصل الجفاف حيث تسقط الأشجار أوراقها وتموت الحشائش ، ولكنها لاتلبث أن تخضر عندما يبدأ فصل النمو الذى يتفق مع موسم سقوط الأمطار ، وأنواع الأشجار التى تنمو فى هذه الغابات محدودة ، وبعضها يتميز بأوراقه الشوكية كما هى الحال فى أشجار

(١) يستفاد من قشور جذوع هذه الاشجار فى صناعة بعض الادوية التى تستخدم فى علاج الاسهال .



شكل (١١٤) أحراج مدارية (منظر فى السنغال)

السنط ، وقد تكون الغابة مكونة فى جملتها من الأشجار الشوكية ، وفى هذه الحالة يطلق عليها اسم الغابة الشوكية Thorn Forest ومنها بعض الغابات الموجودة فى شمال شرق البرازيل ، ويطلق عليها اسم كاتينجا « Caatinga » ، ومن أهم النباتات أيضا اليوفوريا الشوكية « Euphorbia »وكذلك الباوباب « Baobab » التى تتميز بمقدرتها على تخزين المياه فى جذوعها المتضخمة ، مما يساعد على تحمل الجفاف فى فصل انقطاع الأمطار (شكل ١١٥) .



شكل (١١٥) شجرة باوباوب (فى غرب أستراليا)

ويلاحظ أن الغابات شبه النفضية وكذلك الأحراج تكون عادة مختلطة بكثير من الحشائش ، ولذلك فانها تدرس أحيانا ضمن نطاق السفانا . ولو أن كلمة سفانا بمعناها الضيق لاتشمل إلا المناطق الخالية من الأشجار(١) . وسنعود لوصف الحد الفاصل بين السفانا والغابات بعد قليل .

الحياة الحيوانية فى الغابات المدارية :

تشمل الحياة الحيوانية فى هذه الغابات أنواعا متعددة من الحيوانات التى يعيش بعضها فى الغابات المدارية المطيرة ، ويعيش بعضها الآخر فى الغابات المدارية الأخرى أو يتنقل بينها وبين مناطق السفانا .

ومعظم الحيوانات التى تعيش فى الغابات المطيرة تقضى كل حياتها تقريبا فى أعلى الأشجار نظرا لقسوة الظروف فى قلب الغابة ، وهى تشمل كثيرا من القردة مثل الغوريلا والشمبانزى ، كما تشمل السنجاب الطائر ، وضفادع الأشجار والسحالى والثعابين ، وأنواعا مختلفة من الطيور والحشرات ، ويتميز الكثير من هذه الحيوانات بألوانه الزاهية التى تجعل من الصعب تمييزه وسط الأوراق والأزهار ، وهذه الميزة لها أهمية كبيرة فى حياة بعض الحيوانات ، لأنها تسهل عليها مهمة الاختفاء من أعدائها . وبينما يموج أعلى الغابة بهذه الأنواع المتعددة من الحيوانات التى يساعد تكوين أجسامها على التسلق والتعلق بغصون الأشجار ، نجد أن أرض الغابة لايعيش فوقها غالبا إلا أنواع قليلة من الزواحف والحشرات التى يوجد بعضها بأعداد هائلة ، ومثال ذلك نوع من النمل الأبيض « Termites » الذى يوجد بكثرة فى غابات حوض الأمزون . وفيما عدا ذلك تخلو الغابات المدارية المطيرة إلى حد كبير من الحيوانات البرية ذات الأحجام الكبيرة ، وينطبق هذا بصفة خاصة على غابات أمريكا الجنوبية ، أما فى إفريقية فان هناك عددا من الحيوانات التى تتنقل مابين الغابات المدارية والسفانا ومنها بعض آكلات اللحوم مثل النمور والقطط المتوحشة ، وبعض آكلات النباتات مثل الفيلة والزراف والبقر الوحشى ، وتعيش فى حوض الكنغو بصفة خاصة

(١) Horrocks, N.K. « Physical Geography and Climatology 1953., P. 243.

بعض الحيوانات التى أهمها الفيلة والجاموس ، وكذلك فرس البحر والتمساح اللذان يعيشان فى مجارى الأنهار .

١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ٢ ـ الغابات المعتدلة الدافئة

١ ـ غابات البحر المتوسط (شكل ٧٥ ، ٧٦) :

يتميز مناخ البحر المتوسط بشتائه المعتدل ، الذى لاينخفض أثناءه المتوسط اليومى لدرجة الحرارة فى معظم المناطق انخفاضا يؤدى إلى توقف نمو معظم الأشجار ، أما فصل الصيف فيمتاز بحرارته وجفافه ، ولكن رغم ذلك فان الغابات التى تنمو فى هذا المناخ تتكون فى جملتها من أشجار عريضة الأوراق دائمة الخضرة لاتنفض أوراقها بسبب الجفاف ، كما يحدث للغابات الموسمية أو الأحراج المدارية مثلا ، وتعتبر غابات البحر المتوسط فى الواقع نوعا فريدا فى بابه من أنواع الغابات لأنه ليس من المألوف أن تنمو غابات عريضة الأوراق فى إقليم يوجد به فصل جاف طويل نسبيا دون أن تنفض أوراقها خلال هذا الفصل .

وتتميز هذه الغابات بصفات خاصة هى التى تساعدها على الاحتفاظ باخضرارها فى فصل الصيف ، ومن هذه الصفات أن الأشجار تكون متباعدة نوعا ما بحيث تستطيع الشجرة الواحدة أن تستفيد من المياه الموجودة فى منطقة واسعة من الأرض ، كما تكون الجذور متشعبة ، وطويلة بدرجة تستطيع معها أن تصل إلى طبقة المياه الباطنية ، أما الأوراق فتكون قليلة ، كما يكون أغلبها صغيرا سميكا متصلبا « Stiff » ذا سطح أملس ناعم أو غير ذلك من الصفات التى تحول دون سرعة فقدان المياه بالنتح ، وبعض الأشجار مثل الفلين تغلف جذوعها بقشور سميكة جدا تحول دون ضياع مياهها وعصارتها بالتبخر . وكثيرا ماتكون الأوراق شوكية مشابهة لأوراق كثير من النباتات التى تنمو فى الأقاليم الجافة[1] .

---

(١) Preston E. James, « A Geography of Man », 1944, P. 126

وغابات البحر المتوسط فى جملتها من نوع الأدغال « Scrub Forests » التى تتكون من أشجار متوسطة الارتفاع أو قصيرة . أما الأشجار الضخمة فيقل وجودها بصفة عامة ، إلا فى بعض المواضع التى تساعد ظروف المناخ والتربة فيها على سرعة النمو ، فهنا تنمو أشجار ذات جذوع سميكة ، يلتوى بعض أغصانها على البعض الآخر ، وتتغطى الأرض فيما بينها بطبقة من الحشائش القصيرة ، ورغم أن الأشجار لاتنفض أوراقها غالبا فى أى فصل من الفصول فإن هناك موسما معينا لخروج البراعم والأوراق الجديدة ، ويكون ذلك عند بداية الفصل المطير فى الخريف . أما خروج الأزهار والثمار فيحدث عموما فى فصل الربيع ، وهذا بخلاف الحال فى الغابات المدارية المطيرة التى لايوجد فيها موسم خاص لخروج الأوراق أو الأزهار ، إذ أن هذا يحدث فى جميع شهور السنة على حد سواء .

ويعتبر البلوط دائم الخضرة « Oak » والفلين « Cork » من أهم الأشجار التى يختص بها مناخ البحر المتوسط ، وهى تمتاز بأن جذوعها مغلفة بقشور سميكة جدا تقطعها شقوق عميقة وبأن أوراقها صغيرة سميكة ، ومتصلبة سطحها أملس . وتعتبر أشجار الزيتون أيضا من الأنواع الرئيسية ، وهى ذات جذوع ضخمة مغلفة بقشور سميكة تقطعها كذلك شقوق عميقة ، ويلتوى بعض فروعها على البعض الآخر ، أما أوراقها فصغيرة متصلبة قليلة المسام ، ومن الأشجار المهمة أيضا شجرة القسطل (أبو فروة) « Sweet Chestnut » والغار « Laurel » وبعض انواع الأشجار المخروطية « Conifers » مثل الأرز « Cedar » والسرو ، ثم أشجار اليوكاليبتوس « Eucalyputs »[1] ، وأشجار الكافور التى تكثر بصفة خاصة فى استراليا .

---

(١) كلمة Eukalyptos أصلها يونانى ، وهى مكونة من مقطعين هما Eu ومعناها جيد Kalyptos ومعناها مغطى أو مغلف ، وذلك لأن ثمارها مغلفة تغليفا جيدا .

وإلى جانب الغابات التى سبق وصفها تنمو فى مناخ البحر المتوسط كذلك أحراج كثيفة تتغطى بها الأرض فى بعض المناطق وتتخللها أحيانا شجيرات أو أشجار قصيرة ، وتشتهر هذه الأحراج فى كاليفورنيا باسم « شابارول Chaparral » . وأما فى البلاد المحيطة بالبحر المتوسط فيطلق عليها اسم « ماكى Maqui » . وإلى جانب المناطق التى تصلح بطبيعتها لنمو هذه الأحراج نجد أنها تظهر كذلك فى بعض المناطق الأخرى التى كانت تغطيها الغابات ، وذلك بعد أن اجتثت أشجارها ، وأهم فائدة لهذه الأحراج هى أنها تنظم انحدار المياه على جوانب المنحدرات وتحول دون جرفها للتربة .

وفضلا عن النباتات الطبيعية السابق ذكرها يشتهر مناخ البحر المتوسط بصلاحيته لغرس أشجار الفاكهة التى أهمها الموالح والمشمس والكمثرى والتفاح والخوخ والتين واللوز والكروم وأشجار الزيتون .

ويظهر مناخ البحر المتوسط بصفة عامة فى غرب القارات مابين خطى عرض ٣٠° و ٤٠° تقريبا ، وأكبر منطقة يتمثل فيها هى التى تحيط بالبحر المتوسط نفسه فى العالم القديم ، وإلى جانب ذلك نجد أنه يتمثل فى كاليفورنيا بأمريكا الشمالية ، وفى وسط شيلى بأمريكا الجنوبية ، وفى منطقة رأس الرجاء الصالح فى إفريقية ، وفى منطقتين صغيرتين فى الطرفين الجنوبى الشرقى والجنوبى الغربى لاستراليا .

٢ ــ الغابات الرطبة الدافئة فى شرق القارات (غابات الصين) :

تنمو هذه الغابات فى بعض العروض التى توجد بها غابات البحر المتوسط ، وذلك فى المناطق التى تنتمى عموما إلى المناخ المعروف « بالمناخ الصينى » ومن أهمها الصين وجنوب شرق الولايات المتحدة وجنوب شرق البرازيل والساحل الشرقى لاستراليا وساحل ناتال فى إفريقية ، وهى تنمو كذلك فى الأقاليم المدارية ، ولكن على مستويات أعلى من ٩٠٠ متر فوق سطح البحر ، كما هى الحال فى شرق المكسيك وأمريكا الوسطى وعلى المنحدرات الشرقية لجبال الإنديز .

ونظرا لأن أمطار هذه الأقاليم تسقط طول السنة فان الغابات التى تنمو بها تكون غالبا أشد كثافة من غابات البحر المتوسط ، وهى تتكون فى جملتها من أشجار عريضة الأوراق معظمها دائمة الخضرة وأخشابها من النوع الجامد ، وتشمل بعض أنواع الأشجار التى تنمو فى مناخ البحر المتوسط مثل البلوط دائم الخضرة وكثير من الأشجار التى تتكون منها الغابات عريضة الأوراق فى الأقاليم المعتدلة فى غرب القارات ، كما هو الحال فى غرب أوروبا مثلا ، ومن الاشجار المهمة التى من هذا النوع أشجار الزان « Beech » والجوز « Walnut » والبتولا « Birch » ، والهيكورى « Hickory » (وهو نوع من أشجار الجوز) والحور « Poplar » والاسفندان « Maple » . وتختلط هذه الأشجار فى بعض المناطق بكثير من الأشجار الصنوبرية ذات الأوراق الإبرية مثل الصنوبر « Pine » والشوكران « Hemlock » ، ويحدث ذلك بصفة خاصة فى المناطق رديئة التربة وعلى منحدرات الجبال حيث تنمو غابات مكونة من النوعين ، ويطلق عليها اسم « الغابات المختلطة « Mixed Forests » ، وقد تسود الاشجار الصنوبرية فى بعض هذه المناطق بحيث تتكون منها معظم الغابة أو كلها ، كما هى الحال فى بعض السهول الساحلية فى جنوب شرق الولايات المتحدة حيث تسود التربة الرملية الفقيرة ، وعلى منحدرات السلاسل الجبلية لجبال الأبلاش ، حيث يكون سطح الأرض صخريا بصفة عامة ، أو يكون مغطى بطبقة رقيقة جدا من التربة ، وتعتبر الغابات التى تنمو على هذه المنحدرات فى الواقع لسانا من الغابات الصنوبرية يمتد ناحية الشمال وسط إقليم تسود فيه غابات عريضة الأوراق ، ويزداد اختلاط الأشجار كذلك كلما اتجهنا ناحية القطبين بسبب تناقص درجة الحرارة حتى نصل إلى المناطق التى تسود فيها الغابات الصنوبرية .

وتعتبر الغابات عريضة الأوراق والغابات المختلطة موردا من الموارد الهامة للأخشاب فى العالم ، إذ أن كثيرا من أشجارها يمتاز بجودة أخشابه ، ومثال ذلك أشجار الجوز والزان ، وقد أزيلت هذه الغابات من مناطق واسعة فى العالم لكثرة الطلب على أخشابها من جهة ولإحلال الزراعة محلها من جهة أخرى ،

حيث أن الأقاليم التى توجد بها تعتبر عموما من أكثر جهات العالم ازدحاما بالسكان ، كما هى الحال فى الولايات المتحدة ، وجنوب اليابان وكوريا وجنوب شرق الصين ، ففى الولايات المتحدة مثلا كانت هذه الغابات تغطى معظم جنوب وجنوب شرق البلاد ، ولكنها أصبحت فى الوقت الحاضر تكاد تكون مقصورة على المناطق الجبلية الوعرة التى ليس من السهل استغلالها للزراعة ولا تزال مساحتها آخذة فى التناقص بسبب كثرة الطلب على أخشابها . ويعتبر الأرز والشاى من أهم الغلات التى انتشرت زراعتها مكان هذه الغابات فى شرق آسيا ، أما فى الولايات المتحدة فقد انتشرت مكانها زراعة الذرة والقطن .

١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ٣ ـ الغابات المعتدلة الباردة

١ ـ الغابات النفضية (عريضة الأوراق) :

أهم ماتتميز به أشجار هذه الغابات هو أنها تسقط أوراقها فى فصل الشتاء بسبب انخفاض المعدل اليومى لدرجة الحرارة إلى مادون حاجة النباتات ، وليس بسبب انقطاع الأمطار كما يحدث للغابات النفضية التى تنمو فى الأقاليم المدارية ، والأوراق ، فى جملتها عريضة ورقيقة ، أما الجذوع فتغلفها غالبا قشور سميكة يمكنها أن تحول دون تبخر الماء منها فى الفصل الذى يتوقف فيه نشاط عمليات النمو ، وبينما تكون الغابة مزدهرة خضراء فى فصل الصيف فانها تبدو جافة تماما فى فصل الشتاء ، حيث تكون معظم الحياة النباتية فيها فى حالة سكون (شكل ١١٦) .

وتنمو الغابات النفضية بصفة خاصة فى غرب القارات مابين خطى عرض ٤٠° و ٦٠° تقريبا ، وذلك فى الاقاليم التى ينتمى مناخها إلى النوع المعروف باسم « مناخ غرب أوروبا » وهو ممطر طول العام ومعتدل الحرارة فى الصيف ولكنه شديد البرودة فى الشتاء ، وقد كانت هذه الغابات فيما مضى تغطى معظم دول غرب أوروبا ووسطها ، ولكن نظرا لازدحام هذه البلاد بالسكان وعظم



شكل (١١٦) غابة نفضية فى فصل الشتاء .

الطلب على المواد الغذائية فقد أزيلت من مناطق واسعة ، وحلت محلها زراعة بعض المحاصيل التى أهمها القمح والبطاطس والبنجر والشوفان ، ولاتزال توجد مع ذلك مساحات واسعة منها فى بعض البلاد خصوصا فى غرب روسيا ، وتتناقص هذه الغابات كلما توغلنا فى أوروبا نحو الشرق تبعا لتناقص الأمطار حتى تختفى تقريبا عند جبال أورال ، ألا أنها لاتلبث أن تظهر من جديد فى شرق آسيا حيث تغطى مساحات واسعة فى منشوريا واليابان . وفى أمريكا الشمالية توجد الغابات النفضية بصفة خاصة فى شمال غرب الولايات المتحدة وغرب كندا أما فى نصف الكرة الجنوبى فلاتوجد منها إلا مساحات صغيرة فى جنوب شيلى وفى جزيرة تيراديلفويجو «Tierradel Fuego» ، وفى الطرف الجنوبى لجزيرة تسمانيا وبعض أجزاء الجزيرة الجنوبية لنيوزيلندة .

ويلاحظ أن هذا النوع من الغابات لاينمو غالبا على السواحل التى ينتمى مناخها إلى النوع البحرى المثالى ، لأن انخفاض درجة حرارة فصل الشتاء فى

هذا المناخ لايكون عادة شديدا بدرجة تؤدى إلى توقف الحياة النباتية ، كما أن الرياح تكون محملة أحيانا برذاذ من المياه المالحة التى تضر النباتات[1] ، وذلك فضلا عن أن قوة الرياح على الشاطىء تعتبر من العوامل التى لاتساعد على نمو الأشجار حيث أنها تعمل على نشاط فقدان المياه بالنتح .

وتعتبر الغابات النفضية عموما من أهم موارد الأخشاب فى العالم خصوصا فيما يتعلق بالأخشاب الصلبة ، وأهم الأشجار التى تنمو بها هى أشجار البلوط والزان والبوداق (لسان العصفور) والغرغار « Ash » والاسفندان والقسطل « Elm » والجوز ، ومما يساعد على استغلال هذه الأشجار أنها قليلة الاختلاط بعضها ببعض أو بغيرها من الأشجار ، فكثيرا ماتوجد مساحات واسعة منها لايغطيها إلا نوعين أو ثلاثة أنواع فقط من الأشجار ، وذلك بخلاف الحال فى الغابات المدارية المطيرة التى تختلط بها الأنواع المتباينة اختلاطا شديدا يجعل استغلال الانواع ذات القيمة الاقتصادية أمرا شديد الصعوبة .

٢ ـ الغابات الصنوبرية (أو المخروطية) :

تعتبر الغابات الصنوبرية من أهم النباتات الطبيعية التى تنمو فى العروض المعتدلة الباردة فى نصف الكرة الشمالى ، وهى تغطى مساحات واسعة فى أوراسيا وأمريكا الشمالية ، وذلك إلى الشمال من خط عرض ٥٠° تقريبا فى أوراسيا و ٤٥° فى أمريكا ، أما حدها الشمالى فيتفق عموما مع خط حرارة ١٠° لأدفأ الشهور ، حيث أن الأشجار لاتستطيع النمو إلا إذا كان هناك شهر واحد على الأقل يرتفع معدل درجة حرارته إلى ١٠° أو أكثر .

ويلاحظ أن الانتقال بين الغابات الصنوبرية والصحارى الجليدية التى تمتد إلى الشمال منها ، وبينها وبين الغابات النفضية التى تنتشر إلى الجنوب منها يكون غالبا تدريجيا ، فمن ناحية الشمال تتناقص كثافة الغابات ويتناقص حجم أشجارها كلما اقتربنا من القطبين . ويطلق اسم التايجا « Taiga » فى شمال أوراسيا على القسم الشمالى من الغابات الصنوبرية الذى يمثل مرحلة الانتقال

(١) Horrocks, N.K. « Physical Geography and Climatology » 1953, P. 245.

بين الغابات الصنوبرية ذات الأشجار الضخمة فى الجنوب وإقليم التندرا فى الشمال ، وهو يتكون فى جملته من أشجار متقاربة ذات جذوع رفيعة وقصيرة نسبيا (شكل١١٧) ، ولكن كثيرا مايطلق اسم التايجا بصفة عامة على كل نطاق الغابات الصنوبرية فى شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية ، ويلاحظ أن هذه الغابات تختلط من ناحية الجنوب فى كثير من المناطق بالأشجار النفضية ويتكون من النوعين غابات مختلطة ، كما سبق أن ذكرنا عند الكلام على الغابات النفضية .



شكل (١١٧) غابات التايجا ، (منظر فى كندا) .

وتنمو الغابات الصنوبرية فضلا عما تقدم على المنحدرات المرتفعة للجبال فى الأقاليم المعتدلة الدافئة أو المدارية ، وذلك فى المستويات التى تتفق ظروفها المناخية مع مايلزم لنمو هذه الغابات

وتمتاز أشجار الغابات الصنوبرية بأنها مخروطية الشكل مستقيمة الجذوع بصفة عامة ، وبأن أوراقها سميكة تغطيها طبقة صمغية تحول دون فقدان مياهها وعصارتها بالتبخر ، ولاتسقط هذه الأوراق فى أى فصل من الفصول،ولكنها تكون فى حالة سكون خلال الفصل البارد ثم تبدأ فى النمو بسرعة عندما يرتفع المعدل اليومى لدرجة الحرارة إلى ٦° م فى بداية فصل الصيف ، وذلك دون حاجة إلى إضاعة بعض أيام فصل النمو القصير فى تكوين أوراق جديدة كما يحدث مثلا فى الغابات النفضية التى تنمو فى الأقاليم الأكثر دفئا .

ويمكننا أن نلخص أهم أوجه الاختلاف بين الغابات الصنوبرية من جهة والغابات النفضية من جهة أخرى فيما يلى :

١ ـــ الغابات الصنوبرية دائمة الاخضرار[١] ، أما النفضية فتسقط أوراقها فى فصل الشتاء .

٢ ـــ الغابات الصنوبرية أوراقها إبرية أما النفضية فعريضة الأوراق .

٣ ـــ أخشاب الغابات الصنوبرية معظمها من النوع اللين أما الغابات النفضية فمعظم أخشابها من النوع الصلب .

٤ ـــ تحتاج الغابات الصنوبرية إلى أمطار أقل مما تحتاج إليه الغابات النفضية . إذ يكفى لنموها سقوط ٢٥ سنتميترا فقط خلال فصل النمو ، ولهذا فانها تمتد بدون انقطاع تقريبا على شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية .

٥ ـــ تحتاج الغابات الصنوبرية إلى درجة حرارة أقل وفصل نمو أقصر مما تحتاج إليه الغابات النفضية .

٦ ـــ تستطيع الغابات الصنوبرية أن تنمو فى بعض أنواع التربة الفقيرة ، التى لاتصلح لنمو الغابات النفضية ، ففى شرق الولايات المتحدة مثلا نجد أن الغابات الصنوبرية تحتل بعض المناطق الساحلية ذات التربة الرملية ، وذلك فى نطاق الغابات النفضية .

---

(١) يوجد فى بضع الاقاليم الباردة القارية فى شرق آسيا نوع من الغابات الصنوبرية التى تنفض أوراقها فى الشتاء بسبب قسوة البرودة ، وتعرف باسم « الغابات النفضية » .

٧ ــ تمتاز الغابات الصنوبرية بقلة ماينمو بين أشجارها من نباتات صغيرة ، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى قلة مايصل إلى سطح الأرض من ضوء الشمس بسبب تقارب الأشجار ودوام أخضرارها ، أما فى الغابات النفضية فتنمو بين الأشجار حياة نباتية كثيفة مكونة من حشائش وشجيرات ، ويساعد على ظهورها كون الأشجار تنفض أوراقها فى فترة من السنة ، مما يسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى سطح الأرض .

وتعتبر الغابات الصنوبرية أهم مورد للأخشاب اللينة فى العالم ، وأهم أنواع الأشجار التى تنمو بها هى الصنوبر « Pine » والشربين والشوكران « Fir » واللاريس « Larch » كما تنمو أشجار الأرز « Cedar » والسرو « Cypress » بكثرة على منحدرات الجبال المرتفعة فى الأقاليم الدافئة أو الحارة كما هى الحال فى المناطق الجبلية فى حوض البحر المتوسط وهضبة الحبشة وشرق إفريقية .

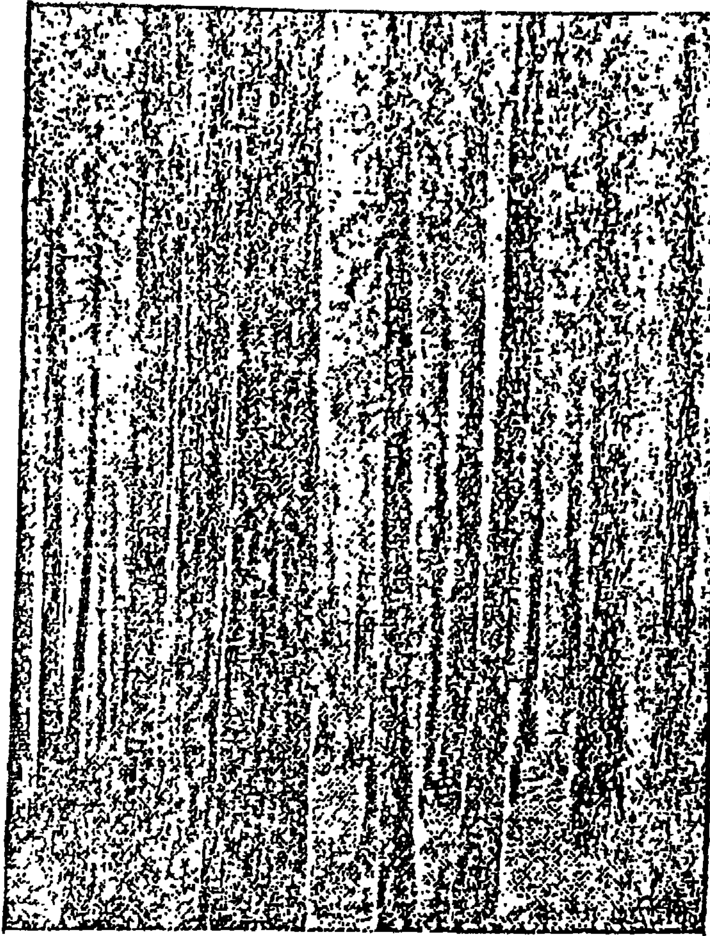
وقد استغلت هذه الغابات على نطاق واسع فى شمال أوروبا خصوصا فى السويد والنرويج وفنلندة ، وتقطع الأشجار عادة فى فصل الشتاء ثم تجر على الجليد إلى مجارى الأنهار وتترك فيها حتى تنقلها المياه إلى المصب بعد انصهار الجليد ، وتعتبر سيبيريا أكبر منطقة تغطيها الغابات الصنوبرية فى العالم ، إلا أن هذه الغابات مازالت فى جملتها بعيدة عن الاستغلال ، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل منها : ١ ــ قسوة المناخ وقلة السكان ، ٢ ــ شدة كثافة الغابات وصعوبة اختراقها ، ٣ ــ أن الأنهار المهمة فى سيبيريا تتجه عموما من الجنوب إلى الشمال حيث تصب فى المحيط المتجمد الشمالى ، مما يقلل من أهميتها كطرق لنقل الأخشاب ، ويلاحظ كذلك أن مياه هذه الأنهار تفيض على الأراضى التى حولها فى الربيع والصيف ، لأنه عندما ينصهر الجليد فى أجزائها العليا تكون أجزاؤها الدنيا مازالت متجمدة ، ويترتب على ذلك تحول منطقة واسعة حولها إلى مستنقعات تزيد من صعوبة اختراق الغابات ، وفضلا عن ذلك فان طغيان المياه وتراكمها على أرض الغابات بهذا الشكل يؤثر تأثيرا سيئا على الأشجار لأنه يتلف الأخشاب ويقلل من قيمتها الاقتصادية .

وإلى جانب النطاق الرئيسي للغابات الصنوبرية فى شمال أوراسيا تنمو هذه الغابات كذلك على منحدرات جبال الألب والكربات ، وهى ذات أهمية اقتصادية كمورد للأخشاب اللينة فى هذه المناطق .

وإذا انتقلنا إلى العالم الجديد نجد أن الغابات الصنوبرية تشغل نطاقا واسعا يمتد مابين المحيطين الأطلسى والهادى فى كندا وشمال الولايات المتحدة والغابات التى تنمو هنا فى جملتها من نوع التايجا التى تنتشر فى شمال أوراسيا ، وإلى جانب ذلك تنمو الغابات الصنوبرية أيضا على منحدرات الجبال فى المناطق الساحلية ذات التربة الرملية فى العروض المعتدلة الدافئة فى غرب الولايات المتحدة وشرقها . وتمتاز هذه الغابات عن التايجا بضخامة أشجارها وجودة أخشابها مما يجعل لها أهمية اقتصادية عظيمة . وينطبق هذا بصفة خاصة على الغابات التى تنمو على منحدرات السلاسل الغربية لجبال روكى ، ويتكون منها نطاق عظيم يتصل بنطاق التايجا فى الشمال ويمتد حتى المكسيك فى الجنوب ، ففى هذا الناطق تنمو أجود أنواع الأشجار الصنوبرية فى العالم ، ومن أهمها نوع من الشربين يطلق عليه اسم « Douglas Fir » . ويزيد ارتفاع شجرته أحيانا على ١٥٠ مترا ويزيد قطر جذعها على مترين ، ويشبهه فى ذلك نوع من أشجار الغابات الصنوبرية المعروفة باسم الغابات الحمراء « Redwood » وهى موجودة بصفة خاصة فى كاليفورنيا (أنظر شكل ١١٨) .

وقد كانت الغابات الصنوبرية تغطى كذلك مساحات واسعة فى شرق الولايات المتحدة وكندا ، ولكنها أزيلت من مناطق كثيرة لإحلال الزراعة محلها من جهة والاستفادة بأخشابها من جهة أخرى ، وقد بدأت هاتان الدولتان تتبعان فى الوقت الحاضر سياسة ترمى إلى تنظيم استغلال الغابات والمحافظة عليها ، وتعتبر الغابات التى تنتشر على المنحدرات الغربية لجبال روكى أعظم مورد للإخشاب فى الولايات المتحدة فى الوقت الحاضر ، وتليها فى ذلك الغابات التى تنتشر فى الولايات الجنوبية الشرقية للبلاد .

أما فى نصف الكرة الجنوبى فلا توجد الغابات الصنوبرية إلا فى مناطق



شكل (١١٨)

صغيرة فى غرب وجنوب أمريكا الجنوبية ، وذلك لضيق اليابس وعظم امتداده كثيرا فى العروض الجنوبية الباردة .

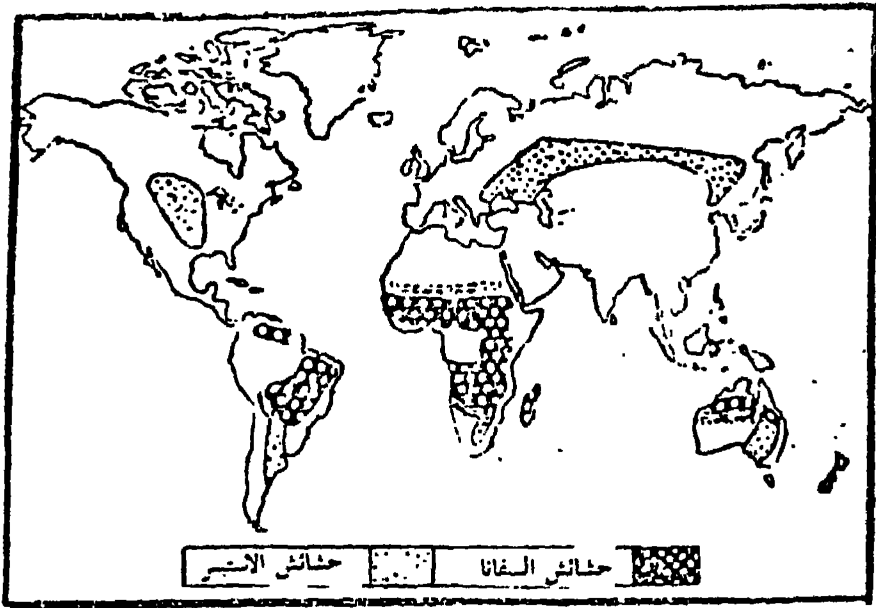
والحيوانات التى تعيش فى الغابات المعتدلة الباردة سواء فى ذلك الغابات النفضية أو الغابات الصنوبرية قليلة بصفة عامة، وهى تشمل بعض أنواع الطيور التى تعيش على الفاكهة أو على ماتلتقطه من الحشرات ، ثم بعض الحيوانات القارضة « Rodents » مثل السنجاب ، الذى يعيش على الحبوب الجافة والأرانب التى تعيش على الحشائش ، ثم بعض القطط المتوحشة والثعالب

والدببة والذئاب ، كما يعيش بها نوع ضخم من الغزال يطلق عليه اسم « Moose » أو « Elk » . وتوجد هذه الحيوانات بصفة خاصة فى غابات شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية .

وإلى جانب حرفة قطع الأشجار وتصدير أخشابها ، وهى من أهم الحرف التى يقوم بها السكان فى أقاليم الغابات الصنوبرية ، توجد كذلك حرف أخرى مهمة منها حرفة صيد الحيوانات ذات الفراء مثل الثعالب والأرانب ، كما توجد بعض الصناعات المهمة مثل صناعة عيدان الثقاب وصناعة الورق من لب الخشب ، وتزرع فى هذه المناطق كذلك بعض المحصولات التى أهمها الشعير والشوفان والقمح وذلك فى الأماكن التى أزيلت منها الغابات .

١٤ ــ ٢ ــ ٢ ــ الحشائش DRASSLANDS

تغطى الحشائش مساحات واسعة جدا من سطح اليابس ، وذلك فى المناطق التى تسقط بها كمية من الأمطار تزيد على أمطار الجهات الصحراوية ولكنها لاتكفى لنمو الاشجار ، وأصلح أنواع المناخ لظهورها هى التى يوجد بها فصل نمو دافىء ممطر وفصل آخر يتوقف أثناءه نمو معظم النباتات ، سواء بسبب انقطاع الأمطار أو بسبب انخفاض درجة الحرارة عن صفر النمو (٦°) (أنظر شكل١١٩) ، والحشائش فى جملتها من النباتات الحولية أو الفصلية التى تنتهى حياتها أو يتوقف نموها بانتهاء فصل النمو ولكنها تعود للظهور والنمو من جديد بمجرد ابتداء فصل النمو التالى ، ولهذا نجد أن سطح الأرض يكون فى فترة من السنة مغطى بطبقة من الحشائش الخضراء وفى فترة أخرى يبدو قاحلا مجدبا . وتختلف الحشائش فى كثافتها من منطقة إلى أخرى تبعا لكمية الأمطار التى تسقط خلال فصل النمو ، وهناك نوعان رئيسيان من الحشائش هما : ١ ــ السفانا أو حشائش الأقاليم المدارية ، ٢ ــ الاستبس أو حشائش الأقاليم المعتدلة . ولكن يلاحظ أن كلمة استبس تستخدم فى الوقت الحاضر (خصوصا فى أمريكا) للدلالة على الحشائش الفقيرة فقط ، سواء منها ماينمو فى الأقاليم المعتدلة أو ماينمو فى الأقاليم المدارية على أطراف السفانا من ناحية



شكل (١١٩) مناطق الحشائش فى العالم .

الصحراء ، بينما يطلق اسم البرارى على الحشائش المعتدلة الغنية نسبيا كما سنرى فيما بعد .

١٤ ــ ٢ ــ ٢ ــ ١ــ السفانا (الحشائش المدارية)

وصفها وتوزيعها الجغرافى : تعتبر السفانا المظهر النباتى الرئيسى فى الأقاليم المدارية الحارة ، التى تسقط كل أمطارها تقريبا فى فترة يتراوح طولها بين ٤ و ٦ أشهر فى نصف السنة الصيفى ، ولكنها لاتكون كافية لنمو الغابات ، وهى تتمثل بصفة خاصة فى قارة إفريقية ، حيث يتكون منها نطاقان عظيمان يشملان معظم الأجزاء الداخلية للقارة ، ويمتد أحدهما إلى الشمال من الغابات المدارية ، بينما يمتد الثانى إلى الجنوب منها ويتصل النطاقان عبر الهضبة الشرقية الاستوائية ، التى لاتساعد ظروفها على نمو الغابات الكثيفة بسبب قلة أمطارها بالنسبة للأقاليم الاستوائية الأخرى ، التى تمتد إلى الغرب منها والتى تتمثل بصفة خاصة فى حوض الكنغو .

وتظهر السفانا كذلك فى أمريكا الجنوبية فى منطقتين تشمل الأولى منهما معظم هضبة البرازيل إلى الجنوب مباشرة من نطاق الغابات المدارية المطيرة فى حوض الأمزون ، وتشتهر السفانا هنا باسم الكامبوس « Campos » ، أما المنطقة الثانية فتوجد إلى الشمال من نطاق الغابات وتشمل حوض الأورينوكو ومعظم مرتفعات جيانا ، وهذه المنطقة هى التى تشتهر باسم اللانوس « Llanos » ، وتوجد السفانا فضلا عن ذلك فى استراليا حيث تشمل نطاقا يفصل بين إقليم الغابات الموسمية فى الشمال والأقاليم الصحراوية فى الوسط ، كما أنها تنمو فى بعض جهات هضبة الدكن وجنوب شرق آسيا .

وتتكون السفانا عموما من أعشاب كثيفة تنمو بها أشجار قصيرة متفرقة تتزايد كلما اقتربنا من خط الاستواء تبعا لتزايد كمية الأمطار وطول الفصل المطير ، ولهذا فان الانتقال بين الغابات المدارية والسفانا يكون غالبا تدريجيا حتى أنه ليصعب ايجاد حد فاصل بينهما ، وعلى العكس من ذلك تتضاءل الحشائش وتتناقص الأشجار كلما بعدنا عن خط الاستواء تبعا لتناقص الأمطار وتناقص طول الفصل المطير ، حتى نصل إلى نطاق شبه صحراوى لاتنمو فيه إلا حشائش قصيرة من نوع الاستبس ، ولاتكاد تنمو به أشجارتذكر،وأخيرا نصل إلى النطاق الصحراوى الجاف الذى تمثله الصحراء الكبرى فى شمال إفريقية وصحراء كلهارى وناميبيا فى جنوبها .

وحشائش السفانا فى جملتها من الأنواع الخشنة ذات الأوراق النصلية الطويلة ، وهى تبدأ فى النمو بسرعة عظيمة بمجرد أن يبدأ الفصل المطير ، وقد يصل ارتفاعها فى هذا الفصل إلى ٧ أمتار فى بعض الجهات ، ولو أنه يتراوح فى الغالب مابين مترين وأربعة ، ويكون اختراق المنطقة عندئذ امرا غاية فى الصعوبة ، أما فى فصل الجفاف فيختلف الحال عن ذلك تماما لأن الحشائش سرعان ماتذبل وتجف بمجرد انقطاع الأمطار ، ويتحول سطح الأرض إلى مساحات شاسعة جرداء تغطيها طبقة من الحشائش الجافة ويستمر الحال على ذلك حتى يبدأ موسم المطر من جديد .

والأشجار التى تنمو فى أقاليم السفانا معظمها من النوع النفضى ، وكثير منها يتميز بأوراقه الشوكية التى تساعده على تحمل الجفاف وقد توجد كذلك أشجار قليلة دائمة الخضرة تتغطى أوراقها بطبقة جلدية غير مسامية كما تغلف جذوعها بقشور سميكة . والصفة الغالبة على الأشجار هى أنها تكون أشبه بالمظلات وربما كان ذلك راجعا إلى تباعدها وتعرض هذه الأقاليم لهبوب الرياح التجارية التى تهب بقوة فى معظم شهور السنة ، مما يعاكس نمو الفروع إلى أعلى فضلا عن أن الشجرة التى تأخذ شكل المظلة تكون غالبا أقدر على مواجهة الرياح القوية من غيرها (أنظر شكل ١٢٠) .

الحياة الحيوانية : تختلف حيوانات السفانا عن حيوانات الغابات المدارية المطيرة من بعض الوجوه ، فبينما تتكون معظم الحياة الحيوانية فى الغابات المطيرة من أنواع لها القدرة على التسلق وتقضى كل حياتها تقريبا فوق الأشجار وتتغذى على ثمارها نجد أن حيوانات السفانا معظمها من الأنواع البرية التى تتغذى على الحشائش ، ومن أهمها الجاموس والبقر الوحشى « Antelope » والحمار الوحشى « Zebra » والخرتيت « Rhinoceros » والزراف والغزال والفيل ، ثم الكانجارو الذى لايوجد إلا فى أستراليا ، وهناك كذلك بعض الحيوانات المفترسة مثل الأسد والنمر والفهد وهى تتغذى على لحوم غيرها



شكل (١٢٠) منظر للسفانا فى روديسيا ، (لاحظ شكل الأشجار الذى يشبه المظلات)

من الحيوانات الأضعف منها . ويلاحظ أن معظم هذه الحيوانات كثير التنقل بحثا عن الماء والغذاء ، فالحيوانات التى تتغذى على الحشائش تضطر فى كثير من الأحيان للهجرة فى فصل انقطاع الأمطار إلى نطاق الغابات بسبب جفاف حشائش السفانا فتنتقل وراءها الحيوانات الأخرى المفترسة .

وتعيش فى السفانا كذلك كثير من الحشرات والديدان التى تكثر بصفة خاصة فى الفصل المطير ، كما توجد بعض الحيوانات القارضة التى تعيش فى مساكن تحفرها لنفسها فى الأرض ولاتخرج منها إلا ليلا لكى تتفادى الحيوانات المفترسة ، وتعيش هنا أيضا بعض الطيور المتوطنة التى لاتعرف الهجرة والانتقال ، وهى تتغذى على الحشرات والسحالى ، وتعتبر النعامة من أهم هذه الطيور ، ولكن يلاحظ أنها فقدت القدرة على الطيران بعد أن تطورت أجنحتها وأصبحت صغيرة بدرجة لاتتناسب مع حجم جسمها ، ولكنها تتميز فى نفس الوقت بسرعة العدو ، ويساعدها على ذلك قوة سيقانها .

المستقبل الاقتصادى للسفانا : ليس من شك فى أن حرفة الرعى هى أوسع الحرف انتشارا فى الوقت الحاضر فى أقاليم السفانا ، حيث يقوم السكان بتربية قطعان عظيمة من الأبقار ، ولكنهم لايتبعون فى تربيتها أساليبا علمية منظمة ، ولهذا فان اللحوم التى تنتج هنا معظمها من الأنواع الرديئة التى ليست لها قيمة كبيرة فى التجارة العالمية ، الا أن الدول الاستعمارية بدات تهتم اهتماما كبيرا باستغلال هذه الأقاليم ، سواء بتنظيم حرفة الرعى فيها أو بتحويل بعض أراضيها إلى حقول لإنتاج الغلات المدارية التى يمكن أن تجود فيها مثل الذرة والفول السودانى والقطن وقصب السكر ، وقد استطاعت كل من انجلترا وفرنسا أن تستغل بالفعل مساحات كبيرة من السفانا الإفريقية لإنتاج هذه الغلات ، ولاتزال توجد رغم ذلك بعض العقبات التى تحول دون سرعة التوسع فى هذا الاستغلال ، ومن أهمها قلة الأيدى العاملة وصعوبة المواصلات . وإلى جانب الرعى والزراعة يقوم سكان السفانا كذلك بصيد الحيوانات المختلفة التى تعيش فيها مثل الفيل الذى يتجرون فى سنه ، ثم النمور والقطط المتوحشة وغيرها من

الحيوانات التى لجلودها بعض الأهمية التجارية ، وقد ترتب على نشاط عمليات الصيد فى هذه المناطق وتحويل كثير من أراضيها للزراعة أن أخذت أعداد الحيوانات البرية فيها فى التناقص مما حدى ببعض الدول الواقعة فى مناطق السفانا والغابات المدارية إلى أن تحدد مناطق خاصة تحيا فيها الحيوانات البرية حياتها الطبيعية ويقيد فيها صيدها . وتوجد بعض هذه المناطق فى السودان وكينيا وغيرها من الدول الافريقية . وهذه هى المناطق التى تعرف باسم Game Reserves .

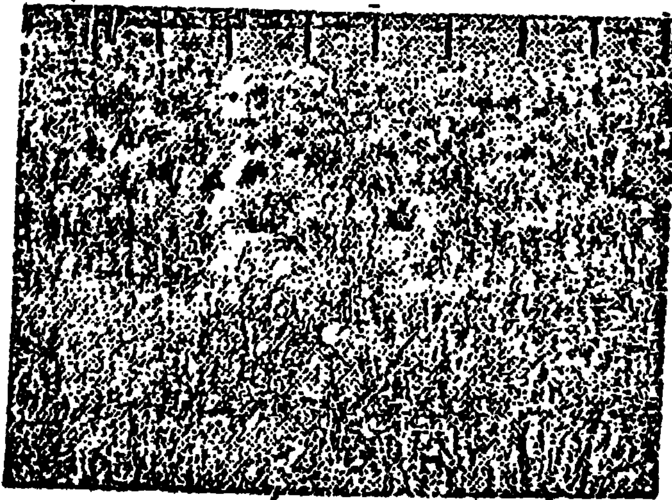
١٤ ـ ٢ ـ ٢ ـ ٢ ـ الأستبس (حشائش العروض المتوسطة) :

وصفها وتوزيعها الجغرافى : كان اسم الاستبس يطلق بمعناه الأصلى على الحشائش التى تغطى مساحات واسعة فى داخل القارات فى العروض المتوسطة ، ولكنه أصبح فى الوقت الحاضر يضم كذلك نطاقات أخرى من الحشائش الموجودة فى العروض المدارية بين نطاقات السفانا من ناحية والصحارى الحارة من ناحية أخرى . وقد سبق أن أوضحنا ذلك عند شرح التقسيم المناخى الذى اقترحه كوبن . وسيكون كلامنا هنا مركزا على أى حال على استبس العروض المتوسطة . وهى فى الواقع أعظم مناطق الاستبس اتساعا وأهمها من حيث تنوع مظاهر استغلالها الاقتصادى فى الوقت الحاضر . وهى تتميز بأن حشائشها أقصر وأكثر اخضرارا وليونة من حشائش السفانا والاستبس الحار مما يجعلها أصلح منها لتغذية الماشية .

ومن الناحية المناخية نلاحظ أن مناخ السفانا والاستبس كلاهما قارى وأن أمطارهما تسقط فى نصف السنة الصيفى . إلا أن أمطار الاستبس أقل نوعا ما من أمطار السفانا ، فبينما يبلغ معدل أمطار السفانا حوالى ١٠٠ سنتيمتر أو أكثر نجد أن معدل أمطار الاستبس يندر أن يزيد على ٧٥ سنتيمترا . وفيما يختص بدرجة الحرارة نجد أنها يندر أن تنخفض فى أقاليم السفانا عن ٢١° مئوية فى أى شهر من الشهور ، أما أقاليم الاستبس فعلى الرغم من أنها تكون شديدة الحرارة فى فصل الصيف فانها تكون شديدة البرودة فى فصل الشتاء الذى

ينخفض المعدل اليومى لدرجة الحرارة أثناءه إلى أقل من ٦° م ، وقد ينخفض فى بعض الجهات إلى مادون درجة التجمد فيتغطى سطح الأرض بالجليد . وفى هذا الفصل تجف معظم الحشائش وتموت نهائيا أو تبقى فى حالة سكون حتى بداية الفصل الدافىء الذى يتفق مع فصل سقوط الأمطار .

وتتباين الحشائش المعتدلة فى كثافتها من جهة إلى أخرى على حسب كميات الأمطار ، وعلى هذا الأساس يقسم بعض الجغرافيين[1] المناطق التى تنمو فيها الحشائش إلى نوعين : هما ١ ــ البرارى ويقصد بها المناطق التى تنمو بها حشائش كثيفة مرتفعة تختلط بها أحيانا بعض الأشجار ، وتتراوح كمية المطر السنوى فيها مابين ٧٥ و ١٠٠ سنتيمتر ، ومن أحسن الأمثلة عليها تلك المنطقة المعروفة باسم البرارى فى وسط أمريكا الشمالية ، ٢ ــ الاستبس ويقصد بها المناطق التى تغطيها حشائش قصيرة نسبيا ، ويكون ذلك فى الأقاليم التى تتراوح أمطارها بين ٢٥ و ٥٠ سنتيمترا ، وهى تخلو تماما من الأشجار ، وفى بعض هذه المناطق يتغطى سطح الأرض بخصل أو مجموعات متفرقة من الحشائش شكل(١٢١)، بينما ينمو فى بعضها الآخر غطاء متصل من الحشائش القصيرة .



شكل (١٢١) حشائش الاستبس

(١) Finch, V.C., & Trewartha, C. « Physical Elements of Geography, » 3 rd ed. 1949. P.

وتغطى الحشائش المعتدلة مساحات واسعة فى القارات المختلفة ، ففى أوراسيا نجد أنها تنتشر فى معظم دول شرق أوروبا وجنوب روسيا وغرب آسيا ، وهى تتدرج من أقليم الغابات النفضية فى الغرب ومن إقليم الغابات الصنوبرية فى الشمال ، وتتناقص كثافتها كلما اتجهنا شرقا تبعا لتناقص الأمطار حتى تنتهى فى صحارى وسط آسيا ، ولكنها تعود للظهور مرة أخرى فى منشوريا ، وهى تظهر فضلا عن ذلك فى مساحات واسعة نسبيا فى بعض دول حوض البحر المتوسط خصوصا فى إيطاليا وإسبانيا . وفى إفريقية نجد أنها تنمو فى القسم الجنوبى من هضبة إفريقية الجنوبية إلى الشرق من صحراء كلهارى ، ومنها الحشائش التى تنمو على هضاب الفلد والتى اشتهرت باسمها هذه الهضاب . وفى استراليا تنمو هذه الحشائش فى السهول الوسطى فى حوض نهر مرى — دارلنج ، وتتناقص كثافتها كلما اتجهنا غربا حتى تنتهى فى النطاق الصحراوى الذى يشمل معظم وسط القارة . وإذا انتقلنا إلى العالم الجديد نجد أنها تشغل معظم السهول الوسطى فى الولايات المتحدة وجنوب كندا ، وتتناقص كثافتها كلما اتجهنا غربا تبعا لتناقص الأمطار ، ولهذا فمن الممكن أن نقسمها إلى قسمين هما : ١ — اقليم البرارى فى وسط الولايات المتحدة وجنوب كندا، وهو يمتاز بعلو حشائشه وكثافتها وكثرة الأزهار التى توجد بها ، ويعتبر خط طول ١٠٠° غربا الحد الغربى لهذا الأقليم على وجه التقريب ، ٢ — اقليم الاستبس الذى تغطيه حشائش فقيرة نسبيا ، ويمتد إلى الغرب من ذلك حتى ينتهى عند المنحدرات الشرقية لجبال روكى .

ولكن يلاحظ أن مساحات واسعة من منطقة الحشائش المعتدلة فى جميع القارات تقريبا قد حولت إلى حقول زراعية لانتاج بعض الغلات التى من أهمها الحبوب الغذائية مثل القمح .

القيمة الاقتصادية : ليس من شك فى أن مناطق الحشائش المعتدلة تعتبر فى الوقت الحاضر أعظم مناطق انتاج اللحوم فى العالم ، بل إنها أصبحت كذلك أعظم مناطق إنتاج القمح وبعض الحبوب الغذائية الأخرى وقد ساعد على ذلك

عدة عوامل أهمها : ١ - اعتدال مناخها وملاءمته لنمو الحشائش والمحاصيل الزراعية ، ٢ - عظم صلاحية حشائشها لتغذية الماشية والأغنام ، ٣ - وجود معظمها فى دول متحضرة يمكنها أن تحسن استغلالها ، ٤ - جودة التربة فى معظم مناطقها .

وقد ترتب على قرب مراعى أوروبا وأمريكا الشمالية من مراكز الصناعة وازدحام السكان بالقارتين ، وشدة الحاجة إلى الحبوب الغذائية أن تحولت مساحات واسعة منها إلى حقول زراعية ، ففى الولايات المتحدة مثلا نجد أن معظم البرارى التى فى القسم الشرقى من السهول الوسطى أصبحت فى الوقت الحاضر من أعظم مناطق إنتاج القمح والذرة فى العالم ، وقد بدأت الزراعة تنتشر فى هذه السهول منذ أواخر القرن الثامن عشر ، فقد كان سكان البلاد القليلون وقتئذ ينتشرون فى الولايات الشرقية بالقرب من ساحل المحيط الأطلسى .

وكان رعى الماشية موجودا جنبا إلى جنب مع الزراعة فى نفس هذه الولايات ، إلا أن السكان أخذوا فى التزايد بسرعة وترتب على ذلك أمران هما : أولا - زيادة الاهتمام باستغلال أراضى الولايات الشرقية للإنتاج الزراعى ، فأخذت المناطق التى كانت مخصصة لرعى الماشية فى التناقص حتى اختفت حرفة الزعى تماما من هذه الولايات . ثانيا - هاجر الرعاة نحو الغرب إلى السهول الوسطى ، إلا أن التوسع الزراعى مالبث أن امتد إلى هذه السهول أيضا مما أدى إلى تزحزح حرفة الرعى مرة أخرى نحو الغرب حتى استقرت فى نطاق الاستبس فى القسم الغربى من السهول الوسطى وعلى الهضاب شبه الجافة إلى الشرق من جبال روكى مباشرة ، ونظرا لأن هذه المراعى فقيرة نسبيا فأن المواشى التى تربى عليها تكون غالبا هزيلة ، ولذلك فانها تنقل إلى المناطق الزراعية فى الشرق حيث تعلف على الذرة فترة من الوقت لتسمينها قبل ذبحها .

وماحدث فى أمريكا قد نحدث مايشبهه إلى حد كبير فى أوروبا ، حيث حولت كثير من مناطق الرعى فى وسط وشرق أوروبا إلى حقول زراعية ولهذا

فقد تزحزحت حرفة الرعي نحو الشرق وأصبحت تتمركز فى الوقت الحاضر فى مراعى وسط وغرب آسيا ، بينما أصبحت أوكرانيا وجنوب روسيا من أعظم مناطق إنتاج القمح فى العالم .

أما أمريكا الجنوبية وإفريقية واستراليا فان نسبة ماحول من مناطق الحشائش المعتدلة فيها للإنتاج الزراعى لاتزال أقل منها فى أوروبا وأمريكا الشمالية ولاتزال حرفة الرعى هى السائدة فى كل منها .

وأهم الحيوانات التى تربى فى المراعى المعتدلة هى الأبقار والأغنام ، وترعى الأبقار عادة فى مناطق البرارى الغنية ، أما الأغنام فترعى فى المناطق الفقيرة نسبيا ، وتشتهر مراعى استراليا ونيوزيلندة بصفة خاصة بتربية الأغنام التى تربى غالبا من أجل الصوف ، الذى تعتبر استراليا أكبر الدول المصدرة له فى العالم ، أما مراعى الأرجنتين وأمريكا الشمالية فتسود فيها تربية الماشية على تربية الأغنام ، وتعتبر الخيول كذلك من حيوانات المراعى المعتدلة ، وتكثر تربيتها بصفة خاصة فى مراعى آسيا .

الحيوانات غير المستأنسة : بصرف النظر عن الحيوانات المستأنسة التى سبق ذكرها والتى تربى لأغراض اقتصادية ، يلاحظ أن مناطق الحشائش تعتبر موطنا لأنواع متعددة من الحيوانات التى يشترك أغلبها فى صفات معينة تمكنها من تحمل الظروف الطبيعية السائدة فيها ، ومن أهمها جفاف فصل الشتاء وشدة برودته وفقر الحياة النباتية أثناءه ، ولهذا فان بعض الحيوانات يضطر للهجرة إلى مناطق أخرى ، بينما يضطر البعض الآخر للاعتكاف والراحة التامة فى مساكنه حتى يحل فصل الدفء .

وتميل معظم حيوانات هذه المناطق سواء فى ذلك الطيور أو الحيوانات الثديية إلى أن تعيش فى مجموعات وأن تهاجر فى مجموعات كذلك ، وكثيرا ماتضطر للانتقال إلى أماكن بعيدة جدا هربا من البرودة الشديدة أو بحثا عن الماء فى فصل الشتاء وتغير أثناء انتقالها على المناطق الزراعية التى تصادفها .

والحيوانات الثديية التى تعيش بريا فى المراعى المعتدلة أهمها الغزال وبعض الحيوانات القارضة مثل السنجاب البرى والجربوع « Jerboa » والأرانب البرية ، وقد كانت مراعى أمريكا الشمالية تشتهر بوجود نوع من الثيران الوحشية يطلق عليه اسم البيزون « Bison » ويشتهر بسرعة العدو ، وهى ميزة تساعده على الهروب من الذئاب التى توجد بكثرة فى هذه المراعى ، وقد كان البيزون موجودا بكثرة فى الماضى ولكنه كاد ينقرض فى الوقت الحاضر بسبب كثرة اصطياده من جهة وتحول كثير من مناطق الحشائش للإنتاج الزراعى أو الرعوى المنظم من جهة أخرى .

أما الطيور فمن أهمها السمان « Quails » الذى يهاجر فى أواخر الخريف . نحو المناطق الدافئة هربا من برودة فصل الشتاء وبحثا عن الغذاء ، ومنها كذلك الحجل « Partridge » والقنابر (قنبرة Lark) ، وبعض الطيور الجارحة مثل النسور .

١٤ ـ ٢ ـ ٣ ـ الصحارى

تعريفها وتوزيعها الجغرافى : يطلق اسم الصحارى على أى اقليم لاتساعد ظروفه الطبيعية على قيام حياة نباتية أو حيوانية تذكر ، ولكن ليس معنى هذا أن الصحراء يجب أن تكون خالية خلوا تاما من الحياة ، إذ أن الصحارى التى من هذا النوع قليلة ، وأغلب الصحارى توجد بها حياة نباتية وحيوانية ولكنها فقيرة جدا .

وتشمل الصحارى مساحات واسعة من اليابس ، وأهمها هى الصحارى المدارية مثل الصحراء الكبرى فى شمال افريقية وامتدادها فى جنوب غرب آسيا وصحراء كلهارى وصحارى وسط وغرب استراليا ، وصحارى أريزونا والمكسيك فى أمريكا الشمالية ، واتكاما فى أمريكا الجنوبية ، ثم الصحارى المعتدلة والباردة التى تشغل مساحات واسعة فى وسط آسيا مابين بحر قزوين فى الغرب وجبال خنجان فى الشرق .

ونظرا لفقر الحياة النباتية فى الأقاليم القطبية التى يغطيها الجليد فى معظم شهور السنة فانها يمكن أن تعتبر كذلك نوعا من الصحارى الباردة ، وهى تشتهر غالبا باسم « التندرا » ، ويمكن أن نضم إليها كذلك الأقاليم التى تكسوها غطاءات جليدية دائمة .

نباتات الصحارى الحارة والمعتدلة :

أهم مايتميز به مناخ الصحارى هو أن أمطاره قليلة جدا بحيث لاتزيد على ٢٥ سنتيمترا فى السنة ، وأن المدى اليومى والفصلى لدرجة الحرارة فيه مرتفع جدا ، ويندر أن تحتجب سماء الصحارى بالسحب ، ولهذا فان اشعة الشمس تكون مسلطة على سطح الأرض طول النهار تقريبا ، ولايستثنى من ذلك إلا بعض الصحارى الساحلية حيث يكثر ظهور الضباب فى ساعات الصباح ، وقد ترتب على هذا النوع من المناخ ظهور حياة نباتية فقيرة تتكون فى جملتها من أنواع يمكنها أن تتحمل الجفاف الشديد أو تتحايل عليه فمن هذه النباتات ماهو قصير العمر جدا بحيث يستطيع أن يتم حياته أحيانا فى فترات لاتزيد على شهر واحد عقب سقوط الأمطار مباشرة ، ثم يموت ويترك بذوره فى الأرض حتى تسقط الأمطار مرة أخرى فينمو من جديد ، ومنها مايخزن الماء فى جذوره ، أو فى أوراقه وسيقانه كما هو الحال فى نبات الصبير « Cactus » ومنها مايستطيع أن يتعمق بجذوره فى الأرض ليستفيد من رطوبتها أو يصل إلى مستوى الماء الباطنى فى بعض الأحيان .

ويكون هذا النوع الأخير غالبا عبارة عن شجيرات قليلة الارتفاع ذات أوراق شوكية مثل السنط . وتمتاز الصحارى الساحلية بظهور بعض أنواع النباتات التى لها القدرة على امتصاص بخار الماء من الجو ومن الضباب أو من نقط الندى التى تتكون عليها .

وقد تختلف النباتات من بقعة إلى أخرى كذلك تبعا لطبيعة سطح الأرض الذى يكون فى بعض الجهات صخريا ، بينما يكون فى بعضها الآخر مغطى

بطبقة من الرمال والكثبان الرملية ، أو بطبقة من الحصى والزلط ، والجهات الصخرية والحصوية هى فى الغالب أفقر الجهات الصحراوية فى العالم . وأصلح المواضع لنمو النباتات فى الصحراء هى المواضع التى ينخفض مستوى سطحها نسبيا عما حولها حيث تنحدر إليها مياه الامطار القليلة ، وتكون تربتها غالبا مكونة من المواد الطينية والرملية الناعمة التى تجلبها المياه المنحدرة من الجوانب ، كما تكثر النباتات أيضا حول التلال التى تنحدر على جوانبها مياه الأمطار ، وفى الوديان التى تنحدر فيها مياه السيول ، والدالات التى تتكون أحيانا عند نهايات هذه الوديان .

الاستغلال الاقتصادى : بصرف النظر عن رعى قليل من الحيوانات التى لاتحتاج إلى مراع غنية مثل الماعز والجمال ، تنحصر الأهمية الاقتصادية للصحارى حاليا فى ناحيتين هما :

أولا — الزراعة التى تقوم فى وديان الأنهار ، أو فى الواحات اعتمادا على المياه الباطنية ، أو على مياه الأمطار التى تنحدر على جوانب التلال ، والواحات إما أن تتكون فى المنخفضات التى يقترب فيها مستوى الماء الباطنى من سطح الأرض كما هى الحال فى الواحات التى توجد فى صحراء مصر الغربية مثل سيوة والبحرية ومعظم الواحات الأخرى التى توجد فى الصحارى المدارية ، أو تنشأ عند قاعدة الجبال التى توجد أحيانا فى قلب الصحراء أو على حافاتها ، حيث تكون أمطارها عادة أكثر نسبيا من السهول التى حولها ، ومن أمثلة ذلك الواحات التى توجد حول مرتفعات تيبستى والحجار فى الصحراء الكبرى ومعظم الواحات التى توجد فى صحارى وسط آسيا ، والأحواض الصحراوية المحصورة بين سلاسل جبال روكى والإنديز . ويعتبر نخيل البلح من أهم المحاصيل التى تزرع فى واحات الصحارى المدارية ، التى تكثر فيها كذلك زراعة الشعير والذرة والزيتون ، أما فى الصحارى المعتدلة فتكثر زراعة القمح والشعير وبعض الفواكه مثل الكروم والتفاح والكمثرى .

ثانيا ــ استغلال الثروة المعدنية التي توجد فى بعض الصحارى وخصوصا زيت البترول .

حيوانات الصحراء : نظرا لفقر الحياة النباتية فى الصحارى فان الحيوانات التى يمكن أن تعيش فيها قليلة جدا ، وهى تعيش عادة فى الواحات وعلى الحافات التى تمثل مرحلة الانتقال بينها وبين أقاليم الحشائش المجاورة . وأهم هذه الحيوانات هى الجمل ذو السنام الواحد والغزال والوعل ، وتوجد كذلك كثير من الزواحف مثل السحالى والأفاعى وبعض الحيوانات القارضة الصغيرة ، ومعظمها يختفى بالنهار ولايظهر إلا فى الليل ، كما أن أغلبها يتميز بلونه الذى لايختلف كثيرا عن رمال الصحراء ، وهى ميزة تجعل من السهل عليها الاختفاء من أعدائها .

١٤ ــ ٢ ــ ٤ ــ التندرا

تشمل التندرا نطاقا عظيم الاتساع فى الأصقاع الباردة التى يقصر فيها فصل النمو بدرجة لاتسمح بقيام حياة نباتية غنية ، وهى تمتد إلى الشمال من نطاق التايجا الذى سبقت الإشارة اليه ، ويكون الانتقال بينهما تدريجيا بصفة عامة ، فكلما اتجهنا ناحية القطب قلت كثافة التايجا وتضاءل حجم أشجارها حتى تصل إلى مناطق يغطيها الجليد فى معظم شهور السنة ، ولايوجد بها إلا فصل دافىء قصير لايزيد طوله على ثلاثة أشهر ، ولايرتفع معدل درجة الحرارة فى أى شهر من شهوره عن ١٠° م ، ولكنه يزيد عن ٦° م فى شهر أو شهرين منها . وفى هذا الفصل تنمو حياة نباتية فقيرة قصيرة العمر تتكون من أعشاب وطحالب وبعض نباتات ذات أزهار جميلة ، وقد تختلف النباتات من بقعة إلى أخرى تبعا لبعض الاختلافات المحلية الخاصة بطبيعة سطح الأرض . ففى المواضع المنخفضة التى تتحول إلى مستنقعات عند ذوبان الجليد تشمل الحياة النباتية كثيرا من الطحالب « Mosses » وحشائش البحر « Lichens » التى تكثر كذلك على شواطىء البحار ، أما على المنحدرات التى تتجه نحو الجنوب فتنمو

كثير من النباتات ذات الأزهار المختلفة لأن هذه المنحدرات تكون أدفأ نسبيا ونصيبها من أشعة الشمس أكبر من نصيب الأراضى المنخفضة أو المنحدرات الشمالية .

وتتميز جميع هذه النباتات بأن جذورها قصيرة . لأن ذوبان الجليد فى فصل الصيف يكون غالبا مقصورا على طبقة سطحية رقيقة من التربة ، بينما تظل التربة السفلية متجمدة ولاتسمح لجذور النباتات بالتعمق فيها .

وتتناقص النباتات بطبيعة الحال كلما اقتربنا من القطب حتى تنتهى تماما فى المناطق التى يغطيها الجليد الدائم ، وهى التى يطلق عليها أحيانا اسم الصحارى الجليدية .

وتشمل الحياة الحيوانية فى التندرا بعض أنواع الحيوانات والطيور التى تتميز بقدرتها على تحمل البرودة ، وتعتبر الرنة « Riendeer » من أهم هذه الحيوانات ، وقد استطاع سكان تندرا أوراسيا أن يستأنسوها ويستخدموها فى جر الزحافات التى يستخدموها فى تنقلاتهم . وذلك فضلا عن أنهم يأكلون لحمها ويستفيدون من جلودها فى صناعة ملابسهم وخيامهم ، ويطلق اسم الكاريبو « Caribou » على الرنة التى تعيش فى شمال كندا، وهى لم تستأنس بعد ، ويقوم الإسكيمو الذين يعيشون هنا بصيدها ، وتتغذى الرنة (أو الكاريبو) على العشب الذى يمكنها أن تحصل عليه حتى فى فصل الشتاء بأن تكسر بحوافرها وقرونها طبقة الجليد التى تغطيه .

وتعيش فى التندرا كذلك بعض الحيوانات المفترسة التى أهمها الدببة والذئاب والثعالب وهى تعتمد فى غذائها على الحيوانات الصغيرة التى تنتشر فى هذا الإقليم ، ومن أهمها الجرذان والأرانب القطبية ، وبعض هذه الحيوانات مثل الثعالب تمتاز بأن لها فراء ناعما مما يجعل له قيمة عظيمة من الناحية الاقتصادية ، ولهذا فان صيدها والاتجار فى فرائها يعتبر من الحرف المهمة التى يقوم بها السكان .

ونظرا لفقر التندرا فى فصل الشتاء ولأن الأرض تكون مغطاة بالثلوج فان حيواناتها تهاجر إلى نطاق الغابات الصنوبرية فى الجنوب بينما يقضى بعضها الآخر معظم أيام هذا الفصل فى جحور يحفرها تحت الثلوج حيث تكون درجة الحرارة أعلى نسبيا منها على السطح .

وتتميز المياه الساحلية فى إقليم التندرا بوجود حيوانات خاصة مثل فرس البحر « Seal » والدب القطبى ، وكثير من الطيور البحرية مثل طير البطريق (أو البينجوين Penguin ونوع من البط يعرف باسم بط الأيدر « Eider » وهو مشهور بريشه الناعم الذى يستخدم بكثرة فى حشو الوسائد والألحفة ، وجميع هذه الحيوانات تتغذى على ماتصطاده من أسماك وكائنات بحرية ، ولهذا فانها كثيرة التنقل فوق كتل الجليد التى تطفو فوق البحر .

وسكان التندرا قليلون جدا فى الوقت الحاضر ، وهم يعتمدون فى حياتهم على حرفتى الصيد والرعى ، ففى شمال كندا مثلا يقوم « الإسكيمو » بصيد حيوان « الكاريبو » وسبع البحر ، ويكون ذلك بصفة خاصة فى فصل الصيف ، أما فى الشتاء فيرحلون نحو الجنوب حيث يقومون بصيد الحيوانات ذات الفراء فى الأطراف الشمالية لنطاق الغابات الصنوبرية . أما فى شمال شبه جزيرة اسكنديناوة وفنلندة وروسيا فقد استطاعت جماعات اللاب أن تستأنس الرنة وتقوم برعيها وتنتقل من مكان إلى آخر بحثا عن المرعى .

١٤ ــ ٢ ــ ٥ ــ نباتات الجبال

تكلمنا فى مواضع سابقة على أثر التضاريس فى المناخ ، ورأينا أن الجبال لها نوع خاص من المناخ أهم مايميزه هو تناقص درجة الحرارة بصفة عامة كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر ، وقد ترتب على ذلك ظهور أنواع متباينة من النباتات الطبيعية التى تتابع على منحدرات الجبال من أسفل إلى أعلى بطريقة مشابهة لتتابع الأقاليم النباتية على سطح الأرض مابين خط الاستواء والقطب ، إلا أن هذا التتابع ليس متشابها تماما فى جميع الجهات الجبلية فى العالم ، حيث أنه

يتأثر بعدة عوامل أخرى غير الارتفاع ،أهمهاالموقع بالنسبة لخط العرض واتجاه المنحدرات بالنسبة لسقوط أشعة الشمس أو بالنسبة لاتجاه الرياح الممطرة .

ففى الأقاليم الحارة تتدرج الحياة النباتية على منحدرات الجبال المرتفعة من أسفل إلى أعلى من الغابات أو الحشائش المدارية إلى الغابات أو الحشائش المعتدلة ثم حشائش التندرا ، وبأخيرا نصل إلى نطاق الثلج الدائم الذى لايظهر بطبيعة الحال إلا على القمم المرتفعة جدا ، أما فى الأقاليم المعتدلة فيبدأ التدرج من غابات أو حشائش المناطق المعتدلة إلى التندرا ثم منطقة الثلج الدائم .

والارتفاعات التى تبدأ عندها النطاقات النباتية السابقة ليست واحدة فى جميع الأقاليم ، فهى أكثر ارتفاعا فى الأقاليم الحارة منها فى الأقاليم المعتدلة أو الباردة ، كما أنها تكون فى فصل الصيف أكثر ارتفاعا منها فى فصل الشتاء وعلى المنحدرات المواجهة للقطبين ، حيث أن مايصيب الأولى من أشعة الشمس يفوق كثيرا مايصيب الثانية فى الفصول المختلفة . وتعيش فى المناطق الجبلية أنواع مختلفة من الحيوانات ، بعضها يعيش فى نطاق الغابات وبعضها الآخر فى نطاق الحشائش ومن أمثلة الحيوانات الجبلية التى تعيش فى الغابات بعض أنواع القردة ذات الفراء وهى توجد فى جبال هيمالايا وهضبة التبت ، ثم الدب الأسود والنمر الأرقط « Panther » الذى يمتاز بفرائه الأسود السميك ذى البقع الرمادية،وهو يوجد بصفة خاصة فى هضبة منغوليا ، أما الحيوانات التى تعيش فى نطاق الحشائش فمن أهمها بعض الحيوانات الثديية مثل التيتل الذى يوجد فى جبال الألب ، والياك (Yak) فى هضبة التبت ، وهو أهم وسيلة لحمل الاثقال والتنقل عند سكان هذه الهضبة ، وهو يشبه فى ذلك حيوان اللاما فى جبال أمريكا الجنوبية ، وتمتاز الحيوانات الثلاثة الأخيرة بأن لها حوافر قوية تساعدها على تسلق الجبال ذات المسالك الوعرة .

الملاحق

ملحق (١) ـ معدلات الحرارة والمطر لبعض المحطات التى توضح الأنواع المناخية المختلفة فى تقسيم كوبن .

ملحق (٢) ـ تحويل الدرجات المئوية إلى درجات فهرنهيتيه .

ملحق (٣) ـ التحويل من سنتيمترات إلى بوصات .

ملحق (٤) ـ معدلات الحرارة والمطر فى بعض محطات الدول العربية

ملحق (١) معدلات الحرارة والمطر لبعض المحطات التي توضح
الأنواع المناخية المختلفة في تقسيم كوبن

اولا — امثلة أنواع المناخ «A»

		خط العرض وخط الطول	الارتفاع بالأمتار
Af	١ — سنغافورة	١° ش — ١٠٤° ق	٣
	٢ — دوالا (الكمرون)	٤° ش — ١٠° ق	٧
Am	٣ — رانجون (برما)	١٧ ش — ٩٧ ق	٦
	٤ — مانيلا (الفلبين)	١٥ ش — ١٢١ ق	١٤
Aw	٥ — كانو (نيجيريا)	١٢ ش — ٨ ق	٤٦٨
	٦ — المالاكال (السودان)	١٠ ش — ٣١ ق	٣٩٠

ثانيا — أمثلة أنواع المناخ «B»

BWh	٧ — يوما (اريزونا)	٣٣ ش — ١١٥ غ	٤٣
	٨ — عين صالح (الجزائر)	٢٧ ش — ٢ ق	٢٨٠
BWk	٩ — بغداد	٣٣ ش — ٤٤ ق	٣٤
	١٠ — سانتا كروز (باتاجونيا)	٥٠ جـ — ٦٩ غ	٢٦
BSh	١١ — تمبكتو (مالى)	١٧ ش — ٣ غ	٢٧٠
	١٢ — الفاشر (السودان)	١٤ ش — ٢٥ ق	٧٢٦
BSk	١٣ — طهران	٣٦ ش — ٥٢ ق	١١٥١
	١٤ — كمبرلى (جنوب افريقيا)	٢٩ حـ — ٢٥ ق	١١٩٠

ثالثا — أمثلة أنواع المناخ «C»

Cfa	١٥ — شارلستون (الولايات المتحدة)	٣٣ ش — ٨٠ غ	١٥
	١٦ — بورت اليزابيث (جنوب افريقيا)	٣٤ حـ — ٢٦ غ	٥٣
Cfb	١٧ — بوردو (فرنسا)	٤٥° ش — ٣٨ غ	٧٥
	١٨ — وارسو (بولندة)	٥٤° ش — ٢١ ق	١٣٠
Cfc	١٩ — ريكيافيك (أيسلندة)	٦٤ ش — ٢٢ غ	١٦
	٢٠ — كودياك (الاسكا)	٥٨ ش — ١٣٧ غ	٢
Cwa	٢١ — هنج كونج	٢٢ ش — ١١٤ ق	١٠٩
	٢٢ — سولزبرى (جنوب افريقيا)	١٨ حـ — ٣١ ق	١٤٤٠
Cwb	٢٣ — أديس ابابا	٩ ش — ٣٩ ق	٢٤٣٩
	٢٤ — مكسكو سيتى (المكسيك)	١٩ ش — ٩٩ غ	٢٢٩٥
Csa	٢٥ — الجزائر	٣٧ ش — ٣ ق	٢٢
	٢٦ — طشقند (الاتحاد السوفيتى)	٤١ ش — ٦٩ ق	٤٩٠

Csb	٢٧ ـــ لوس انجلس (الولايات المتحدة)	٣٤ ش ـــ ١١٨ غ	١١٠
	٢٨ ـــ كيب تاون (جنوب افريقيا)	٣٤ ج ـــ ١٨ ق	١٣

رابعا ـــ أمثلة أنواع المناخ « D »

Dfa	٢٩ ـــ شيكاغو (الولايات المتحدة)	٤٢ ش ـــ ٨٧ غ	١٧٠
	٣٠ ـــ بودابست (المجر)	٤٨ ش ـــ ١٩ ق	١٣٠
Dfb	٣١ ـــ موسكو (الاتحاد السوفيتى)	٥٦ ش ـــ ٣٧ ق	١٤٦
	٣٢ ـــ هاليفاكس (كندا)	٤٥ ش ـــ ٦٤ غ	٨٨
Dfc	٣٣ ـــ اركانجل (الاتحاد السوفيتى)	٦٤ ش ـــ ٤١ ق	٩
Dfd	٣٤ ـــ ايجاركا (الاتحاد السوفيتى)	٦٨ ش ـــ ٨٧ ق	١٢
Dwa	٣٥ ـــ مكدن (منشوريا)	٤٢ ش ـــ ١٢٤ ق	٤٤
Dwb	٣٦ ـــ فلاديفوستوك (الاتحاد السوفيتى)	٤٣ ش ـــ ١٣٢ ق	١٥
Dwc	٣٧ ـــ اركوتسك (الاتحاد السوفيتى)	٥٢ ش ـــ ١٠٤ ق	٤٩٠
Dwd	٣٨ ـــ فرخويانسك (الاتحاد السوفيتى)	٦٨ ـــ ش ـــ ١٣٤ ق	٣٣٠

معدلات الحرارة والمطر فى المحطات المذكورة مرتبة بنفس ارقامها .

السطر الاول : معدلات الحرارة بالدرجات المئوية(١) .
السطر الثانى : معدلات المطر بالسنتيمترات .

رقم المحطة	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى الحرارى ومجموع المطر
١ —	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	١
Af	٢١	١٥	١٦	١٧	١٨	٢٧	١٧	٢١	١٧	٢٠	٢٥	٢٦	٢٣٠
٢ —	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٦	٢٥	٢٤	٢٤	٢٤	٢٤	٢٥	٢٦	٣
	٥	١٠	٢٠	٢٢	٣٠	٥٤	٧٤	٦٩	٥٣	٤٣	١٦	٧	٤٠٣
٣ —	٢٥	٢٦	٢٩	٣٠	٢٩	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٥	٦
Am	١	١	١	٣	٣١	٤٨	٥٤	٥٠	٣٩	١٩	٧	١	٢٠٧
٤ —	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٦	٢٥	٣
	٢	١	٢	٣	١١	٢٣	٤٤	٤١	٣٦	١٧	١٣	٨	٢٠١
٥ —	٢٢	٢٤	٢٨	٣٢	٣١	٢٨	٢٦	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٣	١٠
Aw	—	—	—	١	٥	١٢	٢١	٣٢	١٥	١٤	—	—	١٠٠
٦ —	٢٧	٢٨	٣١	٣١	٢٩	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٥
	—	—	١	٣	٨	١٣	١٧	١٨	١٤	٨	١	—	٨٣
٧ —	١٣	١٦	٢٠	٢٥	٢٩	٣٥	٣٧	٣٦	٣٣	٢٧	١٩	١٤	٢٤
BWh	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
٨ —	١٦	١٧	٢٢	٢٧	٣١	٣٣	٣٢	٣٢	٣١	٢٨	٢٣	١٧	١٦
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
٩ —	٩	١١	١٦	٢٢	٢٨	٣٢	٣٤	٣٤	٣١	٢٤	١٧	١١	٣٥
BWk	٣	٣	١	١	١	—	—	—	—	—	٣	٣	١٥
١٠ —	١٦	١٤	١٢	٩	٥	١	١	٣	٦	٩	١٣	١٣	١٥
	١	١	١	—	—	—	—	—	—	١	١	١	٦
١١ —	٢٢	٢٣	٢٨	٣٢	٣٤	٣٤	٣٣	٣١	٣٢	٣١	٢٧	٢٢	١٢
BSh	—	—	—	—	١	٢	٧	٧	٣	٣	—	—	٢٣
١٢ —	٢١	٢٢	٢٦	٢٨	٣٠	٣١	٢٨	٢٧	٢٨	٢٨	٢٤	٢١	١٠
	—	—	—	—	١	٢	١٠	١٣	٣	١	—	—	٣٠
١٣ —	١	٦	٩	١٦	٢٢	٢٧	٢٩	٢٨	٢٠	١٩	١١	٦	٢٨
BSk	٤	٣	٥	٤	١	—	..		—	١	٣	٣	٢٤
١٤ —	٢٥	٢٤	٢٢	١٨	١٣	١١	١٠	١٣	١٦	٢٠	٢٢	٢٤	١٥
	٦	٦	٨	٤	٢	—	—	١	-٢	٣	٤	٥	٤١

١ — لتحويل الدرجات المئوية إلى درجات فهرنهيتية والسنتيمترات إلى بوصات راجع الملحقين ٢ و ٣ .

رقم المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى الحرارى ومجموع المطر
—١٥	١٠	١١	١٤	١٨	٢٣	٢٦	٢٨	٢٧	٢٥	٢٠	١٤	١١	٦٠
Cfa	٦	٨	٧	٦	٨	١٠	١٥	١٤	١١	٧	٥	٦	١٠٣
—١٦	٢١	٢١	٢٠	١٨	١٦	١٤	١١	١٤	١٥	١٧	١٨	١٩	٧
	٣	٣	٥	٥	٦	٥	٥	٥	٦	٦	٦	٥	٦
—١٧	٥	٦	٨	١٢	١٥	١٨	٢١	٢١	١٩	١٤	٩	٦	١٦
Cfb	٦	٥	٦	٦	٧	٧	٥	٥	٧	٨	٨	٦	٧٦
—١٨	٣-	٢-	٢	٨	١٤	١٨	١٩	١٨	١٣	٢	١	١-	٢٢
	٣	٣	٣	٤	٥	٧	٨	٧	٥	٤	٤	٤	٥٧
—١٩	صفر	صفر	٢	٤	٧	٩	١١	١١	٨	٤	٢	صفر	١١
Cfc	١٠	٨	٧	٦	٥	٥	٥	٥	٩	٩	١٠	٩	٨٨
—٢٠	٢	صفر	١	٢	٦	١٠	١٣	١٢	١٠	٦	٢	١	١٥
	١٢	١٢	١٠	١٠	١٣	١٢	٩	١٤	١٤	١٩	١٥	١٦	١٦٥
—٢١	١٦	١٥	١٧	٢١	٢٥	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٤	٢١	١٧	١٣
Cwa .	٣	٤	٧	١٤	٢٩	٣٩	٣٨	٣٦	٢٦	١٢	٤	٣	٢١٥
—٢٢	٢١	٢١	٢١	١٩	١٦	١٤	١٣	١٦	١٩	٢١	٢٢	٢١	٩
	١٩	١٦	١١	٣	١	—	—	—	١	٣	٩	١٥	٧٨
—٢٣	١٦	١٧	١٨	١٨	١٩	١٨	١٧	١٦	١٦	١٧	١٥	١٥	٤
Cwb	١	٤	٧	٩	٩	١٤	٢٨	٣٠	١٩	٢	٢	١	١٢٦
—٢٤	١٢	١٥	١٦	١٨	١٨	١٨	١٧	١٧	١٦	١٥	١٤	١٢	٦
	١	١	٢	٢	٥	١٠	١٠	١٢	١٠	٥	١	١	٦٠
—٢٥	١٢	١٣	١٤	١٦	١٩	٢٢	٢٥	٢٦	٢٤	٢٠	١٧	١٤	١٤
Csa	١١	٩	٩	٦	٣	٢	—	١	٣	٨	١٢	١٤	٧٨
—٢٦	١-	١	٨	١٤	٢١	٢٥	٢٧	٢٥	١٩	١٢	٦	٢	٢٨
	٥	٤	٧	٧	٣	١	—	—	—	٣	٤	٤	٣٨
—٢٧	١٢	١٣	١٤	١٦	١٧	١٨	٢١	٢٢	٢١	١٨	١٦	١٣	١٠
Csb	٨	٨	٧	٣	١	—	—	—	—	١	٣	٦	٣٢
—٢٨	٢١	٢١	١٠	١٧	١٥	١٣	١٣	١٣	١٤	١٦	١٨	١٧	٨
	٢	٢	٣	٥	١٠	١١	٩	٨	٦	٥	٤	٢	١٧
—٢٩	٤-	٣-	٣	٩	١٥	٢١	٢٤	٢٣	١٩	١٢	٤	٢-	٢٨
Dfa	٥	٤	٢	٧	٩	٩	٨	٨	٩	٦	٥	٥	٨٢
—٣٠	١	١	٦	١١	١٦	٢٠	٢٢	٢١	١٦	١١	٥	٢	٢٣
	٤	٣	٥	٦	٧	٧	٥	٥	٥	٧	٥	٥	٦٤

رقم المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المدى الحراري ومجموع المطر
٣١ Dfb	١١-	٩-	٤-	٣	١٢	١٧	١٩	١٧	١١	٤	٢-	٨-	٣٠
	٢	٣	٣	٤	٥	٥	٧	٧	٦	٤	٤	٤	٥٤
٣٢	٥-	٥-	١-	٤	١٠	١٤	١٨	١٨	١٤	٤	٤	٣-	٢٣
	١٤	١١	١٢	١١	١١	٩	٩	١١	٩	١٣	١٣	١٣	١ ٩
٣٣ Dfc	١٣-	١٢-	٨-	١-	٥	١٢	١٦	١٣	٨	١	٦-	١٣-	٢٩
	٣	٣	٢	٢	٤	٥	٦	٦	٥	٥	٣	٣	٤٥
٣٤ Dfd	٢٧-	٢٦-	٢٠-	١١-	٤-	١٠	١٦	١٢	٦	٥-	١٨-	٢٨-	٥٤
	٣	٢	٢	٢	٢	٤	٥	٥	٥	٤	٣	٢	٣٩
٣٥ Dwa	١٣-	١٠-	١-	٨	١٦	٢٢	٢٥	٢٤	١٦	٩	٢-	١٠-	٣٥
	١	١	٢	٨	٦	٩	١٦	١٥	٩	٤	٣	١	٧٠
٣٦ Dwb	١٥-	١١-	٣-	٤	٩	١٤	١٩	٢١	١٦	٩	١-	١٠-	٣٤
	صفر	١	١	٣	٣	٤	٦	٩	٦	٨	١	١	٣٩
٣٧ Dwc	٢١-	١٧-	٩-	٢	٩	١٥	١٨	١٦	٩	صفر	١١-	١٧-	٣٩
	٠٫٢	١	١	١	٣	٦	٧	٦	٤	٢	٢	٢	٣٨
٣٨ Dwd	٥٠-	٤٥-	٣٢-	١٦-	صفر	١٢	١٣	٩	٢	١٦-	٣٧-	٤٩-	٦٣
	١	١	—	١	١	٢	٣	٣	١	١	١	١	١٦

ملحق (٢) تحويل الدرجات المئوية إلى درجات فهرنهيتية .

م°	ف°	م°	ف°	م°	ف°	م°	ف°
٦٠	١٤٠	٤٨,٧٥	١١٩,٧٥	٣٨	١٠٠,٤	٢٧,٢	٨١
٥٩,٤	١٣٩	٤٨,٣	١١٩	٣٧,٧	١٠٠	٢٧	٨٠,٦
٥٩	١٣٨,٢	٤٨	١١٨,٤	٣٧,٥	٩٩,٥	٢٦,٦	٨٠
٥٨,٨	١٣٨	٤٧,٧	١١٨	٣٧,٢	٩٩	٢٦,٢٥	٧٩,٢٥
٥٨,٣	١٣٧	٤٧,٥	١١٧,٥	٣٧	٩٨,٦	٢٦,١	٧٩
٥٨	١٣٦,٤	٤٧,٢	١١٧	٣٦,٦	٩٨	٢٦	٧٨,٨
٥٧,٧	١٣٦	٤٧	١١٦,٦	٣٦,٢٥	٩٧,٢٥	٢٥,٥	٧٨
٥٧,٥	١٣٥,٥	٤٦,٦	١١٦	٣٦,١	٩٧	٢٥	٧٧
٥٧,٢	١٣٥	٤٦,٢٥	١١٥,٢٥	٣٦	٩٦,٨	٢٤,٤	٧٦
٥٧	١٣٤,٦	٤٦,١	١١٥	٣٥,٥	٩٦	٢٤	٧٥,٢
٥٦,٦	١٣٤	٤٦	١١٤,٨	٣٥	٩٥	٢٣,٨	٧٥
٥٦,٢٥	١٣٣,٢٥	٤٥,٥	١١٤	٣٤,٤	٩٤	٢٣,٧٥	٧٤,٧٥
٥٦,١	١٣٣	٤٥	١١٣	٣٤	٩٣,٢	٢٣,٣	٧٤
٥٦	١٣٢,٨	٤٤,٤	١١٢	٣٣,٨	٩٣	٢٣	٧٣,٤
٥٥,٥	١٣٢	٤٤	١١١,٢	٣٣,٧٥	٩٢,٧٥	٢٢,٧	٧٣
٥٥	١٣١	٤٣,٨	١١١	٣٣,٣	٩٢	٢٢,٥	٧٢,٥
٥٤,٤	١٣٠	٤٣,٧٥	١١٠,٧٥	٣٣	٩١,٤	٢٢,٢	٧٢
٥٤	١٢٩,٢	٤٣,٣	١١٠	٣٢,٧	٩١	٢٢	٧١,٦
٥٣,٨	١٢٩	٤٣	١٠٩,٤	٣٢,٥	٩٠,٥	٢١,٦	٧١
٥٣,٧٥	١٢٨,٧٥	٤٢,٧	١٠٩	٣٢,٢	٩٠	٢١,٢٥	٧٠,٢٥
٥٣,٣	١٢٨	٤٢,٥	١٠٨,٥	٣١,٦	٨٩	٢١,١	٧٠
٥٣	١٢٧,٤	٤٢,٢	١٠٨	٣١,٢٥	٨٨,٢٥	٢١	٦٩,٨
٥٢,٧	١٢٧	٤٢	١٠٧,٦	٣١,١	٨٨	٢٠,٥	٦٩
٥٢,٥	١٢٦,٥	٤١,٦	١٠٧	٣١	٨٧,٨	٢٠	٦٨
٥٢	١٢٥,٦	٤١,٢٥	١٠٦,٢٥	٣٠,٥	٨٧	١٩,٤	٦٧
٥١,٦	١٢٥	٤١,١	١٠٦	٣٠	٨٦	١٩	٦٦,٢
٥١,٢٥	١٢٤,٢٥	٤١	١٠٥,٨	٢٩,٤	٨٥	١٨,٨	٦٦
٥١,١	١٢٤	٤٠,٥	١٠٥	٢٩	٨٤,٢	١٨,٧٥	٦٥,٧٥
٥١	١٢٣,٨	٤٠	١٠٤	٢٨,٨	٨٤	١٨,٣	٦٥
٥٠,٥	١٢٣	٣٩,٤	١٠٣	٢٨,٧٥	٨٣,٧٥	١٨	٦٤,٤
٥٠	١٢٢	٣٩	١٠٢,٢	٢٨,٣	٨٣	١٧,٧	٦٤
٤٩,٤	١٢١	٣٨,٨	١٠٢	٢٨	٨٢,٤	١٧,٥	٦٣,٥
٤٩	١٢٠,٢	٣٨,٧٥	١٠١,٧٥	٢٧,٧	٨٢	١٧,٢	٦٣
٤٨,٨	١٢٠	٣٨,٣	١٠١	٢٧,٥	٨١,٥	١٧	٦٢,٦
						١٦,٦	٦٢

يتبع

م°	ف°	م°	ف°	م°	ف°	م°	ف°
١٦,٢٥	٦١,٢٥	٥,٥	٤٢	٩ —	٢١,٢	١٦,٦ —	٢
١٦,١	٦١	٥	٤١	٦,١ —	٢١	١٧ —	١,٤
١٦	٦٠,٨	٤,٤	٤٠	٦,٢٥ —	٢٠,٧٥	١٧,٢ —	١
١٥,٥	٦٠	٤	٣٩,٢	٦,٦ —	٢٠	١٧,٥ —	٠,٥
١٥	٥٩	٣,٨	٣٩	٧ —	١٩,٤	١٧,٧ —	صفر
١٤,٤	٥٨	٣,٧٥	٣٨,٧٥	٧,٢ —	١٩	١٨ —	٠,٤ —
١٤	٥٧,٢	٣,٣	٣٨	٧,٥ —	١٨,٥	١٨,٣ —	١ —
١٣,٨٠	٥٧	٣	٣٧,٤	٧,٧ —	١٨	١٨,٧٥ —	١,٧٥ —
١٣,٧٥	٥٦,٧٥	٢,٧	٣٧	٨ —	١٧.٦	١٨,٨ —	٢ —
١٣,٣	٥٦	٢,٥	٣٦,٥	٨,٣ —	١٧	١٩ —	٢,٢ —
١٣	٥٥,٤	٢,٢	٣٦	٨,٧٥ —	١٦,٢٥	١٩,٤ —	٣ —
١٢,٧	٥٥	٢	٣٥,٦	٨,٨ —	١٦	٢٠ —	٤ —
١٢,٥	٥٤,٥	١,٦	٣٥	٩ —	١٥,٨	٢٠,٥ —	٥ —
١٢,٢	٥٤	١,٢٥	٣٤,٢٥	٩,٤ —	١٥	٢١ —	٥,٨ —
١٢	٥٣,٦	١,١	٣٤	١٠ —	١٤	٢١,١ —	٦ —
١١,٦	٥٣	١	٣٣,٨	١٠,٥ —	١٣	٢١,٢٥ —	٦,٢٥ —
١١,٢٥	٥٢,٢٥	٠,٥	٣٣	١١	١٢,٢	٢١,٦ —	٧ —
١٢,١	٥٢	صفر	٣٢	١١,١ —	١٢	٢٢ —	٧,٦ —
١١	٥١,٨	٠,٥ —	٣١	١١,٢٥	١١,٧٥	٢٢,٢ —	٨ —
١٠,٥	٥١	١ —	٣٠,٢	١١,٦ —	١١	٢٢,٥ —	٨,٥ —
١٠	٥٠	١,١ —	٣٠	١٢ —	١٠,٤	٢٢,٧ —	٩ —
٩,٤	٤٩	١,٢٥ —	٢٩,٧٥	١٢,٢ —	١٠	٢٣ —	٩,٤ —
٩	٤٨,٢	١,٦ —	٢٩	١٢,٥ —	٩,٥	٢٣,٣ —	١٠ —
٨,٨	٤٨	٢ —	٢٨,٤	١٢,٧ —	٩	٢٣,٧٥ —	١٠,٧٥ —
٨,٧٥	٤٧,٧٥	٢,٢ —	٢٨	١٣ —	٨,٦	٢٣,٨ —	١١ —
٨,٣	٤٧	٢,٥ —	٢٧,٥	١٣,٣ —	٨	٢٤ —	١١,٢ —
٨	٤٦,٤	٢,٧ —	٢٧	١٣,٧٥ —	٧,٢٥	٢٤,٤ —	١٢ —
٧,٧	٤٦	٣ —	٢٦,٦	١٣,٨ —	٧	٢٥ —	١٣ —
٧,٥	٤٥,٥	٣,٣ —	٢٦	١٤ —	٦,٨	٢٥,٥ —	١٤ —
٧,٢	٤٥	٣,٧٥ —	٢٥,٢٥	١٤,٤ —	٦	٢٦ —	١٤,٨ —
٧	٤٤,٦	٣,٨ —	٢٥	١٥ —	٥	٢٦,١ —	١٥ —
٦,٦	٤٤	٤ —	٢٤,٨	١٥,٥ —	٤	٢٦,٢٥ —	١٥,٢٥ —
٦,٢٥	٤٣,٢٥	٤,٤ —	٢٤	١٦ —	٣,٢	٢٦,٦ —	١٦ —
٦,١	٤٣	٥ —	٢٣	١٦,١ —	٣	٢٧ —	١٦,٦ —
٦	٤٢,٨	٥,٥ —	٢٢	١٦,٢٥ —	٢,٧٥		

ملحق (٣) التحويل من سنتيمترات إلى بوصات

	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
—	—	٠ر٣٩١	٠ر٧٩	١ر١٨	١ر٥٨	١ر٩٧	٢ر٣٦	٢ر٧٦	٣ر١٥	٣ر٥٤
١	٣ر٩٤	٤ر٣٣	٤ر٧٢	٥ر١٢	٥ ر٥	٥ر٩١	٦ر٣٠	٦ر٦٩	٧ر٠٩	٧ر٤٨
٢	٧ر٨٧	٨ر٢٧	٨ر٦٦	٩ر٠٦	٩ر٤٥	٩ر٨٤	١٠ر٢٤	١٠ر٦٣	١١ر٠٣	١١ر٤٢
٣	١١ر٨١	١٢ر٢١	١٢ر٦٠	١٢ر٩٩	١٣ر٣٩	١٣ر٧٩	١٤ر١٧	١٤ر٥٧	١٤ر٩٦	١٥ر٣٥
٤	١٥ر٧٥	١٦ر١٤	١٦ر٥٤	١٦ر٩٣	١٧ر٣٢	١٧ر٧٢	١٨ر١١	١٨ر٥٠	١٨ر٩٠	١٩ر٢٩
٥	١٩ر٦٩	٢٠ر٠٨	٢٠ر٤٧	٢٠ر٨٧	٢١ر٢٦	٢١ر٦٥	٢٢ر٠٥	٢٢ر٤٤	٢٢ر٨٤	٢٣ر٢٣
٦	٢٣ر٦٢	٢٤ر٠٢	٢٤ر٤١	٢٤ر٨٠	٢٥ر٢٠	٢٥ر٥٩	٢٥ر٠٩٨	٢٦ر٣٨	٢٦ر٧٧	٢٧ر١٧
٧	٢٧ر٥٦	٢٨ر٠٠	٢٨ر٣٥	٢٨ر٧٤	٢٩ر١٣	٢٩ر٥٣	٢٩ر٩٢	٣٠ر٢١٥	٣٠ر٧١	٣١ر١٠
٨	٣١ر٥٠	٣١ر٩٠	٣٢ر٢٨	٣٢ر٦٨	٣٣ر١٠	٣٣ر٤٧	٣٣ر٨٦	٣٤ر٢٥	٣٤ر٦٥	٣٥ر٠٤
٩	٣٥ر٤٣	٣٥ر٨٣	٣٦ر٢٢	٣٦ر٦١	٣٧ر٠١	٣٧ر٤٠	٣٧ر٨٠	٣٨ر١٩	٣٨ر٥٩	٣٨ر٩٨
١٠	٣٩ر٣٧٠									

ملحق (٤) معدلات الحرارة والمطر فى بعض محطات الدول العربية
الحرارة بالدرجات المئوية (السطر الأول) ـ المطر بالمليمترات (السطر الثانى) *

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
						جمهورية مصر العربية							
القاهرة (المطار)	١٤	١٥	١٧	٢١	٢٥	٢٧	٢٨	٢٨	٢٦	٢٤	١٩	١٥	٢١,٥
(٩٥ مترا)	٣,٥	٥	١	٠,٥	٠,٧	٠,٤	صفر	صفر	أثر	٠,١	٢,٧	١١	١٥
الاسكندرية	١٤	١٥	١٦	١٨	٢١	٢٤	٢٦	٢٧	٢٦	٢٣	٢٠	١٥	١٩,٦
كوم الناضورة ٣٢ متر	٣٧	٢٩	١٧	٢,٥	٠,٥	أثر	صفر	صفر	٢	١٠	٤١	٧٦	٢٠٥
بورسعيد (الجميل)	١٤,٥	١٥	١٧	١٩	٢٢	٢٥	٢٧	٢٧,٥	٢٦	٢٤	٢١	١٧	٢١,٢
(متر واحد)	٩,٧	١٣,٥	٦,٣	١,٦	٠,٥	أثر	صفر	صفر	أثر	٣,١	١١,٨	١٧,٦	٦٤
الأقصر	١٤	١٦,٥	٢٠	٢٦	٣٠,٥	٣٢,٥	٣٣	٣٣	٣٠,٥	٢٧	٢١	١٦	٢٤,٧
(٥٥ متر)	صفر	٠,٣	أثر	صفر	أثر	أثر	أثر	صفر	صفر	أثر	٠,١	٠,١	٠,٥
أسوان	١٦,٥	١٩	٢٣	٢٨	٣٢	٣٣,٥	٣٤	٣٤,٥	٣٢,٥	٢٩	٢٣	١٨	٢٦,٧
(١٩٦ متر)	٠,٢	أثر	٠,٢	صفر	أثر	صفر	صفر	صفر	٠,١	أثر	أثر	صفر	٠,٥
						السودان							
الخرطوم	٢٢	٢٤	٢٨	٣٠,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣١	٢٩,٥	٣٠,٥	٣١,٥	٢٧,٥	٢٣,٥	٢٨,٧
(٣٨٩ متر)	صفر	أثر	أثر	أثر	٤	٣,٥	٣٣	٨٤	٤٢	١,٣	أثر	أثر	١٦٧,٨
كسلا	٢٤	٢٥,٥	٢٧,٥	٣١	٣٢,٥	٣١	٢٨	٢٧	٢٨	٢٩,٥	٢٨	٢٥	٢٨
(٥٠٠ متر)	أثر	أثر	٠,١	٥,٥	١٠,٧	٢٥	١٠٨	١١٢	٦٨,٥	٩,٥	٥,٥	أثر	٣٤٤,٨
بورسودان	٢٣	٢٣	٢٤	٢٦,٥	٢٩	٣١,٨	٣٣,٥	٣٤,٣	٣١,٨	٢٩	٢٧,٥	٢٤,٥	٢٨,٢
(٣ أمتار)	١,١	٠,١	أثر	٠,٢	٢,٦	٠,٤	٣,٤	٢,٤	أثر	٥,٥	٤٨,٤	٢٠,٣	٨٤,٤
ملاكال	٢٥,٥	٢٧,٥	٢٩,٦	٣٠	٢٨,٢	٢٦	٢٥	٢٤,٧	٢٥,٥	٢٦	٢٦,٣	٢٥,٤	٢٦,٦
(٣٨٩ مترا)	صفر	٠,١	٤,٣	٢١	٩٩	١٢٠,٤	١٣٨	١٥٤	١٣٦	٩٧	٣,٣	٠,٥	٧٧٠
جوبا	٢٧	٢٨	٢٨,٥	٢٧,٤	٢٦,٢	٢٥,٣	٢٤,٢	٢٤	٢٤,٨	٢٥,٧	٢٦	٢٦,٣	٢٦,١
٤٥٨ مترا	٤	٥,٤	٤٦	١٠٢,٤	١٥٢	٧٤,٥	١١٩	١٨٠	١٠٤	١٢١	٤١	١٣,٤	٩٢٢,٧

* الخانة الأخيرة فى الأسطر الخاصة بمعدلات الحرارة مخصصة للمدى الحرارى الفصلى .
أما الخانة الأخيرة فى الأسطر الخاصة بمعدلات الأمطار فهى مجموع معدلات الأشهر .

ليبيا

طرابلس	١١,٨	١٣,٣	١٥,٢	١٨,١	٢٠,٦	٢٣,٧	٢٥,٦	٢٦,٢	٢٥,٥	٢٢,٤	١٨,٢	١٣,٦	١٩,٥
(١٩ مترا)	٠,٨	١٠,٥	٣١,٧	٧٢,٥	٩٥,٦	٧١	٤٢,٣	٣١,٩	١٠,٧	٤,٥	١,١	٠,٧	٣٧٩
بنغازى	١٣	١٣,٧	١٥,٤	١٨,٥	٢١,٦	٢٣,٩	٢٥	٢٥,٦	٢٤,٤	٢٢,٦	١٩,٣	١٥	١٩,٨
(٢٥ مترا)	صفر	٢,٩	١٦,٨	٤٦,٤	٦٥,٦	٦٧,٢	٤٠,٤	١٩,٤	٤,٦	٢	٠,٤	٠,١	٥٦٥,٨
العزيزية	١١,٥	١٣,٦	١٥,٨	١٩,٣	٢٣,٢	٢,٧	٢٨,٧	٢٨,٨	٢٧,٥	٢٣,٧	١٨,٧	١٢,٩	٢٠,٨
(١١٦ مترا)	٠,١	٦,٩	١٥,٢	٢٧,١	٤٨,٣	٤٥,٥	٢٣,٦	٢٠,٩	١١,١	٣,٨	١,٤	٠,٢	٢١٤,٤
غريان	٨,٤	١٠,١	١٢,٨	١٦,٩	٢٠,٨	٢٤,٦	٢٦,٤	٢٦,٨	٢٤	٢٠,٤	١٥,٣	٩,٩	١٨
(٧٢٥ مترا)	٠,٨	١٢,١	٢٣,٨	٣٩,٤	٥٣,١	٧٤,٦	٤٩,٦	٤٠,٤	١٥,٨	٨,٧	٢,٢	٠,٦	٣٢٢,٦
المرج	١٠,٥	١١	١٢,٩	١٥,٩	٢٠	٢٢,٧	٢٣,٧	٢٣,٨	٢٣,٨	٢٩,٢	١٦,٩	١٢,٣	١٧,٧
(٢٨٥ مترا)	٠,٥	١,٩	٣٦,٢	٥٦,٧	١١٨	١١٧	٨٦,٨	٤٢,٢	١٧	٦,٢	١,٢	٠,٣	٤٨٥
سبها	١٢,٣	١٤,٦	١٨,٥	٢٣,٧	٣٧,٣	٣١,٦	٣١	٣٢,٣	٢٨,٩	٢٤,٧	١٨,٩	١٤,٤	٢٣,٢
(٤٤٥ مترا)	صفر	صفر	صفر	١,٧	٠,٩	٠,٧	٠,٥	٠,٧	٠,٣	٣,٥	٠,٢	صفر	٨,٥

الجزائر

الجزائر	١٠,٧	١١,٤	١٣,٩	١٥	١٨,٢	٢١,٩	٢٤,٢	٢٥,٤	٢٣,٣	١٩	١٥,٢	١٢,٧	١٧,٦
البيت الأبيض)	١٠٨	٧٩,٦	٥١,٨	٨٣,٣	٣٣,٤	٢١,٦	١,٣	٦,٤	٣٠,٩	١٢١,٥	١١٣,٥	٩٩,٧	٧٤٦,٣
وهران	٩,٧	١١,٦	١٤,٣	١٥,٤	١٩	٢٢,١	٢٤,٩	٢٥,٦	٢٣,٣	١٨,٩	١٥	١٢,١	١٧,٧
(٩٩ مترا)	٧٢	٥١,٣	٤١,٩	٤٦,٨	٢٠,٢	٩,٧	١,٥	٠,٧	١٢,٤	٥٥,١	٤١,٥	٥٤,٩	٤٠٩
بنى عباس	١٠,٨	١٣,٦	١٨	٢٢,٣	٢٦,٧	٣٢,٢	٣٥,٨	٣٤,٥	٣٠,١	٢٣	١٦,٦	١١,٥	٢٢,٩
(٤٩٨ متر)	٩,٣	٢,٢	٦,٧	٨	١,١	صفر	٠,٥	٢,١	٢,٩	١٠,١	٦,٤	١٢,٣	٦١,٦
تامانراست	١٢,٨	١٥,٥	١٨	٢١,٨	٢٥,٤	٢٨,١	٢٨,٥	٢٧,٨	٢٦,٣	٢,٧	١٨	١٣,٥	٢١,٥
(١٣٧٨ مترا)	٩,٧	٠,٥	٠,٩	٤,٦	٥,٩	١٢,١	٢,٦	١٧,٥	١٦,٦	٣,١	٣,٧	٤,٢	٧٣,٤

تونس

قابس	١٠,٩	١٢,٧	١٥,١	١٧,٣	٢٠,٦	٢٤,٥	٢٦,٨	٢٧,٦	٢٦	٢١,١	١٦,٣	١٢,١	١٩,٣
(٥ أمطار)	١٧,٩	١١,٣	١٠,١	٣٢,١	٦,٤	٢,٣	٠,٣	٠,٧	٢٢,٢	٤١	٢٦,٤	١٤,٣	١٨٥
تونس	١٠,٤	١١,٢	١٣,٣	١٤,٩	١٨,٦	٢٣,١	٢٥,٦	٢٦,٢	٢٤	١٩,٣	١٥	١٢	١٧,٨
(٤ أمطار)	٧٢,٦	٤١	٥٨,٢	٦٤,٥	٣٢,٥	١٩	٧,٦	١١,٦	٤٦,٧	٨٧,٨	٨٠,٧	٤٩,٨	٥٧٢

المملكة المغربية

فاس	٩,٤	١٠,٧	١٣,٢	١٤,٩	١٨,٨	٢٢,٨	٢٦,١	٢٦,٤	٢٣,٣	١٨,٤	١٣,٩	١٠,٢	١٧,٣
(٤١٤ مترا)	٨٣	٦٦	٨٥	٦٤	٢٧,٤	١٠,٦	٠,٨	٤	١٢,٧	٤٤,٣	٥٦,٣	٨٥,٥	٥٤٠,٦
الدار البيضاء	١٢,٣	١٣	١٤,٧	١٥,٨	١٨,٣	٢٠,٤	٢٢	٢,٥	٢١,٥	١٩,١	١٦,١	١٣,٢	١٧,٤
(٥٨ مترا)	٨٢,٣	٦٦,٦	٦٧,٤	٣٣,٤	١٦,٦	٣	أثر	١,٣	٦,٥	٢٩,٨	٥١	١٠٨,١	٤٦٦
القنيطرة	١٤,٢	١٣,٢	١٥,٣	١٦,٣	١٨,٨	٢١	٢٢,٧	٢٣,١	٢١,٩	١٩,٥	١٦,٢	١٣,٣	١٧,٨
(١٢ مترا)	١١٠	٨٤,٧	٥٦,٥	٢٩,٤	٢٣,٦	٤,٩	أثر	١,٨	٤,٩	٤٧,٩	٧٦	٩٨,٣	٥٣٧,٨
مراكش	١١,١	١٢,٧	١٥,٣	١٧	٢٠,٨	٢٣,٧	٢٧,٣	٢٢,٧	٢٤,٧	٢٠,٥	١٦	١١,٦	١٩
(٤٦٦ مترا)	٣٢,٧	٢٨,٧	٢٦,٣	٢٥,٨	١٦,٥	١١	٠,٤	٢	٥,٣	٢١,٤	٢٥,٦	٣٦,٤	٢٣٢,١

موريتانيا

نواكشوط	٢١,٤	٢٢,٧	٢٥,٢	٢٥,٩	٢٧,١	٢٨,٢	٢٧,٩	٢٨,١	٢٩,٠	٢٩,٠	٢٦,٣	٢١,٥	٢٦,١
(٥ أمتار)	٠,٩	٠	أثر	أثر	أثر	١,٨	١٣	٦٤	٥٨,٠	١٠,٠	١٥,٢	١٥,١	١٢١,٢
بورت اتين	١٨,٩	١٩,٢	٢٠,٢	٢٠,٣	٢١,٤	٢٢,٦	٢٢,٩	٢٣,٥	٢٥,٥	٢٤,٠	٢١,٨	١٩,٤	٢١,٥
(٨ أمتار)	٢,٤	٢,٥	٢,٩	٠,٦	أثر	أثر	٠,٩	٤,٤	٨,٦	٧	٣,٨	٦,٧	٣٨,٥
نيما	٢٤,٤	٢٧	٣٠,١	٣٣,١	٣٥,٦	٣٤,٥	٣١,٥	٢٩,١	٣٠,٧	٣٢,٣	٢٩,٥	٢٤,٩	٣٠,٢
(١١٥ مترا)	٠,٧	٠,٦	٠,٩	٢,٤	٤,٦	٥٣,٩	٩٧,٨	١٢٥	٨٣,٤	١٦,٩	١,١	٢,١	٣٨٩,٧

الصومال

مقاديشو	٢٨,٣	٢٧,٨	٢٨,٢	٢٨,٣	٢٧,٩	٢٦,٨	٢٦,٥	٢٦,٤	٢٦,٨	٢٧,٥	٢٨	٢٧,٨	٢٧,٥
(١٠ أمتار)	٩,٤	صفر	١٠,٧	١٠٣	٦٣	٧٢	٥٩,٧	٢٦	١٠	١٨	٤٢,٤	٢١,٥	٤٣١,٧
بوساكو	٢٤,٦	٢٤,٧	٢٦,٣	٢٨,٤	٣٠,٤	٣٥,٢	٣٥,١	٣٥,٢	٣٣,٢	٢٨,٩	٢٥,٢	٢٤,٥	٢٩,٣
(متران)	صفر	صفر	صفر	أثر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦,٣	٥,٣	٢,٥	صفر	١١,١
جالاكايو	٢٥,٥	٢٦	٢٧,٦	٢٨,٨	٢٨,٩	٢٨,٣	٢٧	٢٧,٦	٢٧,٩	٢٧,٤	٢٦,٦	٢٥,٩	٢٧,٣
(٣٠٢ مترا)	أثر	صفر	أثر	٢٣,١	١٩,٥	١,١	أثر	صفر	٢,٤	٢٤,٥	١٦,٨	٠,٧	٨٨,٢

جيبوتي

مدينة الصبان	٢٥,١	٢٥,٤	٢٦,٨	٢٨,٥	٣٠,٦	٣٣,٣	٣٤,٢	٣٣,٣	٣٢,٢	٢٩,٦	٢٧,٤	٢٥,٩	٢٩,٤
(٧ أمتار)	١٠,٣	٩,٢	٢٧,٢	١٢,٦	٧,٤	أثر	١١,١	١١,٢	٣,٥	١١,٦	١١,٥	٩,١	١٣٤,٧

المملكة العربية السعودية

الرياض	١٤,٤	١٧,٣	٢١,٤	٢٥,٢	٢٩,٢	٣٢,٣	٣٣,٦	٣٢,٨	٣٠,٩	٢٦	٢٠,٣	١٥,٥	٢٥,٢
(٥٩٤)	٢١	١٧,٣	١٤	١١,٤	٩,٨	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٨,٦	١١,٤	٩٤,٤
جدة	٢٣,٤	٢٤,٤	٢٥,٢	٢٧,٨	٣٠,٥	٣٢,٤	٣١,٩	٣٢	٣١,٦	٣٠,٣	٢٧,٥	٢٤,٩	٢٨,٥
(١١ مترا)	٢,٣	٠,١	٦,٤	صفر	أثر	أثر	أثر	أثر	٠,٣	٠,٨	٢٦,٢	١١,١	٥٥,٧
الظهران	١٦,٧	١٨,١	٢٢,٥	٢٧,١	٣١,٨	٣٥,٢	٣٦,٣	٣٦,٧	٣٣,٨	٢٩,٤	٢٣,٧	١٨,٤	٢٦,٥
(٢٢ مترا)	٢٦,٤	١٤,٧	١١,٧	٢,٣	٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣,٥	٢٢	٨٨,١

العراق

بغداد	١٠,٣	١٢,٧	١٦,٦	٢٢	٢٨,٣	٣٣	٣٥,٢	٣٤,٩	٣١,٢	٢٤,٩	١٦,٧	١٠,٩	٣,١
(٣٤ مترا)	٢٤,٥	٢٧,٩	٣٢	٢٣	١٢	٠,٣	صفر	صفر	٠,١	٢,٣	٢٢,٢	٢٤	١٦٩
البصرة	١٢,٧	١٤,٨	١٨,٨	٢٨,٨	٢٩,٧	٣٢,٧	٣٤,٣	٣٣,٩	٣١,١	٢٥,٨	١٨,٩	١٣,٣	٢٤,٢
(متران)	١٩,٢	٩,٦	١٧,٨	١٤,٨	٥,٨	أثر	صفر	أثر	صفر	١,١	٣٠,١	٤٩	١٤٤,٤
الموصل	٧,٢	٩	١٢,٢	١٧,٩	٢٤,١	٣٠,٢	٣٣,٨	٣٢,٩	٢٧,٥	٢٠,٢	١٢,٨	٧,٦	١٩,٦
(٢٢٣)	٥٨	٦٩	٨١,٣	٥٧,٨	٢٢,٨	١,٤	أثر	أثر	١	٥,٢	٣٢,٥	٥٩	٣٨٨

اليمن الجنوبي

عدن	٢٥,٥	٢٥,٦	٢٧,٢	٢٨,٧	٣٠,٧	٣٢,٨	٣٢,٢	٣١,٦	٣١,٧	٢٨,٩	٢٦,٦	٢٦	٢٩
(٤ أمتار)	٩,٤	٣,٧	٨,٣	٠,٥	٢,٣	صفر	٢,٥	١,٩	٧,٣	٠,٢	٥,٩	٥,٨	٤٧,٥

إمارات الخليج العربية وسلطنة عمان

الكويت (المطار)	١٢,٧	١٥,٢	١٩,٨	٢٤,٤	٣١,٣	٣٥,٧	٢٧,٤	٣٦,٨	٣٣,٣	٢٧,٥	٢٠,١	١٤,٠	٧٥,٧
١٥ مترا	١٤,٨	٦,٤	٨	١٠,٦	٣,٤	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٥	٢٩,٨	١٠٨
المنامه (البحرين)	١٧,٤	١٨,٣	٢١,٢	٢٥,٧	٢٩,٦	٣٢	٣٣,٨	٣٤,٣	٣٢,٥	٢٩	٢٤,٤	١٩,٢	٢٦,٥
(متران)	٣٠,٩	١٤,٦	١٠,٥	٢,٧	٢,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	١,٠	٢,٧	١٩	٨٢,٧
الشارقة	١٨,٤	١٩	٢٢,١	٢٤,٧	٢٨,١	٣٠,٤	٣٢,٣	٣٣,٦	٣١,٤	٢٧,٩	٢٣,٥	٢٠,١	٢٦
(متران)	٣٣,٧	١٢,٩	٩,١	١٧,٧	٠,٧	صفر	١,٩	صفر	٠,٥	٠,١	١٧,٦	٢٠,٨	١١٥
مسقط	٢١	٢٠,٧	٢٤,٦	٢٧,٨	٣١,٨	٣٣,٥	٣١,٤	٣٠,٧	٣٠,٤	٢٨,٥	٢٥,٤	٢٣	٢٧,٥
(٦ أمتار)	٢٨,٦	٦,٣	١٧,٤	٧,٣	١,٨	صفر	٥,٣	صفر	صفر	٠,١	٩,١	٢٤,٣	١١٢,٣

سوريا وفلسطين ولبنان والأردن

دمشق	٦,٦	٧,٧	١١,٦	١٦,٦	٢٠,٥	٢٤,٤	٢٦,٩	٢٦,٦	٢٣,٨	١٩,٤	١٣,٨	٨,٨	٢٠
(٧٢٠ مترا)	٤٣,٢	٥٣,٣	١٠,٢	١٢,٧	٥,١	صفر	صفر	صفر	١٧,٨	١٠,٢	٣٠,٦	٣٠,٦	٢١٣,٧
حلب	٥,٥	٧,٧	١٠,٥	١٦,١	٢١,١	٢٥,٥	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٤,٤	١٩,٤	١٣,٣	٧,٧	٢,٨
(٣٩٠ مترا)	٧٦,٢	٧١,٢	٢٥,٤	٣٣	٠,٩	٢,٥	صفر	٢,٥	صفر	٢٠	٦٠	٨١,٣	٣٧٣
القدس	٨,٨	٩,٤	١٢,٧	١٦,١	٢٠,٥	٢٢,٢	٢٣,٨	٢٣,٨	٢٢,٧	٢١,١	١٦,٩	١١,١	١٥
(٧٥٨ مترا)	١٠٤	١٣٥	٢٨	٢٥,٤	٢,٥	صفر	صفر	صفر	صفر	٥,١	٣٣	٤٥,٧	٧٨,٧
بيروت	١٣,٨	١٤,٤	١٦,١	١٨,٨	٢٢,٢	٢٥,٥	٢٧,٧	٢٨,٣	٢٧,٢	٢٤,٤	٢٠	١٦,١	١٤,٥
(٣٤ مترا)	١٩١	١٥٨	٢٢١	٥٦	١٨	٢,٣	٢	٢,٢	٥,٧	٥٠,٨	١٣٢	١٨٥	١٠٢٤
عمان	٧,٧	٨,٨	١٠,٥	١٦,٥	٢١,١	٢٣,٣	٢٥	٢٥	٢٣,٨	٢٠,٥	١٥,٥	١٠	١٧,٣
(٧٧٧ مترا)	٦٦,٢	٧٦	٢٩,٤	١٤,٧	٥	صفر	صفر	صفر	٢,٦	٥	٣٢	٤٥,٧	٢٧٢,٦
العقبة	١٥,٥	١٦,٦	٢٠	٢٣,٨	٢٦,١	٣١,١	٣٢,٧	٣٢,٧	٣١,١	٢٧,٢	٢١,٦	١٧,٢	١٧,٢
(متران)	٢,٥	٧,٦	٧,٦	٥,١	٢,٦	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,٦	٢,٦	٥,١	٣٥٧

مراجع مختارة

أولا ــ مراجع عربية :

١ ــ حسن أبو العينين ــ أصول الجغرافيا المناخية ــ الاسكندرية ــ ١٩٨٨
٢ ــ خالد المطرى ــ الجغرافيا الحيوية ــ جدة ١٩٨١
٣ ــ عبد العزيز طريح ــ جغرافيا ليبيا ــ الاسكندرية ١٩٦٣
٤ ــ عبد العزيز طريح ــ المقدمات فى الجغرافيا الطبيعية ــ الاسكندرية ١٩٨٥
٥ ــ عبد العزيز طريح ــ مناخ العالم ــ الاسكندرية ١٩٦٣
٦ ــ نعمان شحادة ــ المناخ العملى ــ عمان (الأردن) ١٩٨٣
٧ ــ نعمان شحادة ــ علم المناخ ــ عمان (الأردن) ١٩٨٣
٨ ــ يوسف فايد ــ جغرافية المناخ والنبات ــ القاهرة ١٩٧٣

ثانيا ــ مراجع أجنبية :

أ ــ فى الطقس والمناخ .

1- Blair, Tomas, A. & Fite, R. C. « Weather Elements » 5th ed. 1965.
2- Blair, Tomas, A. « Climatology, Generl and Regional » 1970.
3- Brooks, G. E. P., « Climate in Everyday Life » 1950.
4- Koppe, C.E., « Weather and Climate, » 1958.
5- Critchfield, H.I. « Climatology » 1960.

6- Haurwitz B. & Austin, I. M., « Climatology », 1944.
7- Horrocks, N. K., « Physial Geography and Climatology. » 1953.
8- Kendrew, W.G. « Climatology » 1944.
9- « Climates of the Continents, » 1947.
10- Kimble, O.H., « The Weather, » 2nd ed. 1931.
11- C.E. Koeppe & G.C. De Long, « Weather and Climate », 1958.
12- Mather, J.R., « Climatology », Fundamentals and Applications, » 1974.
13- Meteorological Office (London) « Elementary Meteorology » Met. O. 707, 1962.
14- Miller, A. Austin, « Climatology, » Latest ed. 1960.
15- Neuberger, H., & Stephens, F.B., « Weather and Man. » 1948.
16- Smith, K., « Principles of Applied Climatology » 1975.
17- Thornthwaite, C.W., « An Approach toward a Rational Classification ot Climate » Geog. Rev., vol. 38, 1948, pp. 55- 94
18- Trewartha,C, T. « an Introduction to Climate and Weather, » 1943.
19- United States Department of Agriculture, Climate and Man. » Yearbook, 1948.
20- Wiesner, C.,J., « Hydrometeorology » 1970

ب — في الجغرافيا النباتية :

21- Camphell, D. H. « An Outline of Plant Geography » 1962.
22- Cain, Stanley, « physical Basis of Plant Geography »., 1950.
23- Dansereau, Pierre, « Biogeography- An Ecologial Persd ctive, » 1957
24- Eyre, « Soil and Vegetation », 1965.
25- Glinka K. D., « The Grat Soil Groups of the World and Their Development, » translated by C.F. Marbut » 1937.
26- Hardy, M.E. « A Junier Plant Geography. » 1936
27- NeWbigin, M.I. « Plant and Animal Geography, » 1936 Hardy, M.E., « The Geography of Plants, » 1944
28- Schimper A.F. « Plant Geography upon a physiological Basis, » 1903

جـ — مراجع عامة بها فصول عن المناخ والنبات والتربة

29- Robinson, G. W., « Soils Their Origin, Constitution and Classification, » New York, 1951.

30- Briault, E. W. H. and Habbard. J.H., « An Introduction to Advanced Geography », 1959.

31- Case, Earl, C. « College Geography, » 1949.

32- Finch. V. C. & Trewartha C. T., « Physical Elements of Geography, » 1949.

33- Finch. Trewartha and Shearer, M H. « The Earth and its Resources » 2nd. ed. 1948

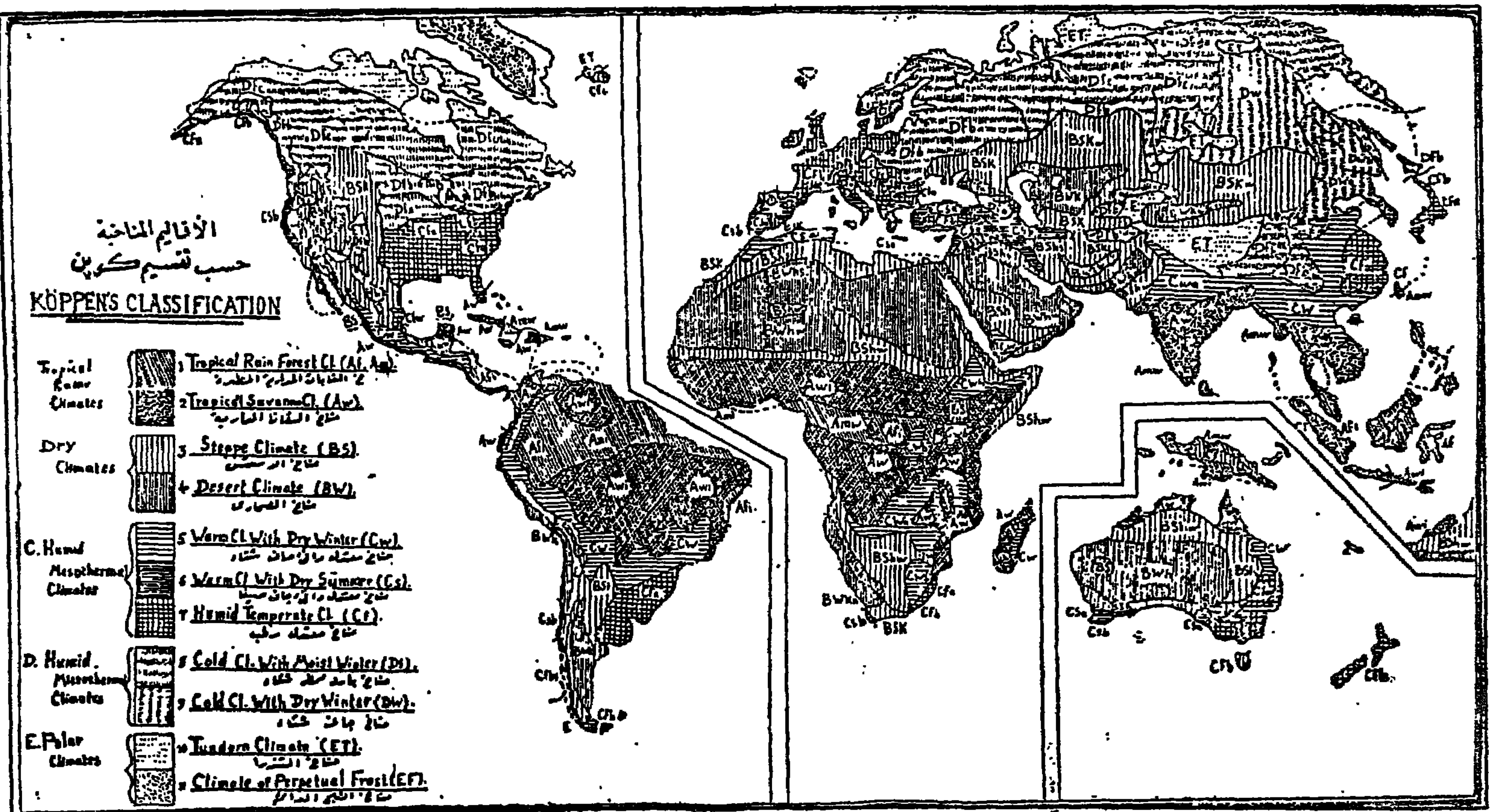
34- Horrocks, N.K., « physica Geography, » 1953.

35- Lake, P. « Physical Geography, » 2nd. ed. 1949.

36- Money, D.C., « Climate, Soil and Vegetation » 1965.

37- Monkhouse, F.J., « The Principles of Physical Geography » 1955.

38- Strahler A. N., « Physical Geography, » 1951.



شكل (٦٩) تقسيم كوبن للعالم إلى أقاليم مناخيه

الفهـرس

الموضوع	الصفحة

١
الفكر المناخى

١ ـــ ١ ـــ الفكر المناخى القديم ٩

١ ـــ ٢ ـــ الفكر المناخى منذ عصر النهضة الأوروبية ١٠

١ ـــ ٣ ـــ الفكر المناخى منذ أوائل القرن العشرين ١١

١ ـــ ٤ ـــ بعض الاتجاهات المعاصرة فى الفكر المناخى ١٣

اولا ـــ دراسة القيم الفعلية لعناصر المناخ ١٣

ثانيا ـــ علم المناخ التفصيلى Micro Climatotology ١٦

ثالثا ـــ علم المناخ التطبيقى ١٨

٢
الغلاف الجوى

٢ ـــ ١ ـــ تركيبه ٣١

٢ ـــ ٢ ـــ طبقاته ٣٣

٢ ـــ ٣ ـــ قياس عناصره المناخية ٣٧

أولا ـــ قياسها فى الطبقات العليا ٣٧

ثانيا ـــ قياسها فى الطبقة السفلى (المجاورة لسطح الأرض) ٣٨

ثالثا ـــ أجهزة الرصد ومواصفات المرصد الجوى البسيط ٣٩

٣
الإشعاع الشمسى

٣ ـــ ١ ـــ تعريف الإشعاع الشمسى ونصيب الأرض منه ٤٣

٣ ـــ ٢ ـــ تركيبه ٤٣

٣ ــ ٣ ــ حساب الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض ٤٤
أ ــ الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى أعلى الغلاف الجوى ٤٤
ب ــ الطاقة الإشعاعية المنتشرة Diffuse radiation ٤٩
ج ــ تأثير الغلاف الجوى على الطاقة الإشعاعية ٥٠
د ــ الميزانية الحرارية للأرض ٥٢
٣ ــ ٤ ــ التوزيع الجغرافى للإشعاع الشمسى ٥٤
٣ ــ ٥ ــ قياس الإشعاع الشمسى كعنصر من عناصر المناخ ٥٩

٤

حرارة الجو

٤ ــ ١ ــ التوزيع العام لدرجة الحرارة على دوائر العرض ٦٧
٤ ــ ٢ ــ تأثير الماء واليابس على التوزيع العام للحرارة ٦٩
٤ ــ ٣ ــ أثر الارتفاع على درجة الحرارة ٨١
٤ ــ ٤ ــ الانعكاس الحرارى ٨٣
٤ ــ ٥ ــ قياس الحرارة ٩٦
٤ ــ ٦ ــ التوضيح الفارتوغرافى للحراره ٩٧

٥

الضغط الجوى

٥ ــ ١ ــ تعريف الضغط الجوى وقياسه ٩١
٥ ــ ٢ ــ التوزيع الأفقى للضغط الجوى ٩٤
٥ ــ ٣ ــ النطاقات الدائمة للضغط الجوى والدورة الهوائية العامة المرتبطة بها ٩٦
٥ ــ ٤ ــ تأثير الماء واليابس على التوزيع الأفقى للضغط الجوى ٩٩
٥ ــ ٥ ــ الضغط الجوى فى المستويات العليا من الجو ١٠٤
٥ ــ ٦ ــ الضغط الجوى والطقس ١٠٤

٦

الرياح

٦ ـ ١ ـ تعريف الرياح ونظام هبوبها ١٠٩
٦ ـ ٢ ـ سرعة الرياح ١١٢
ـ النظام اليومى لسرعة الرياح ١١٤
ـ قياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها وتوضيحها ١١٥
ـ توصيع سرعة الرياح واتجاهها على خرائط الطقس ١١٨
٦ ـ ٣ ـ أنواع الرياح السطحية ١٢٠
٦ ـ ٣ ـ ١ ـ الرياح العامة ١٢١
أ ـ الرياح التجارية ١٢١
ب ـ الرياح الغربية ١٢٤
ح ـ الرياح الموسمية ١٢٥
٦ ـ ٤ ـ الرياح العليا ١٢٧

٧

الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية
والأعاصر المدارية

٧ ـ ١

الكتل الهوائية

٧ ـ ١ ـ ١ ـ نشأتها وأنواعها ١٣٣
٧ ـ ١ ـ ٢ ـ استقرارها وعدم استقرارها ١٣٤
٧ ـ ١ ـ ٣ ـ أثر الكتل الهوائية فى مناخ بعض الأقاليم ١٣٦

٧ ـ ٢

المنخفضات الجويه

٧ ـ ٢ ـ ١ ـ نشأتها ١٤١

٧ ـ ٢ ـ ٢ ـ توزيعها واختلاف بعضها عن بعض ١٤٥
٧ ـ ٢ ـ ٣ ـ ظاهرات الطقس التى تصاحبها ١٤٩
٧ ـ ٢ ـ ٤ ـ الرياح المحلية التى تسببها المنخفضات الجويه ١٥٢

٧ ـ ٣

الأعاصير والعواصف الدوارة

٧ ـ ٣ ـ ١ ـ الفرق بينه وبين المنخفضات ١٦٠
٧ ـ ٣ ـ ٢ ـ نشأتها ١٦٢
٧ ـ ٣ ـ ٣ ـ خطوط سيرها وتوزيعها ١٦٣
٧ ـ ٣ ـ ٤ ـ الترنادو ١٦٥

٨

التبخر ورطوبة الهواء

٨ ـ ١ ـ تمهيد ـ (الحالات التى يوجد بها الماء فى الجو) ١٧١
٨ ـ ٢ ـ ٢ ـ التبخر ١٧٢
٨ ـ ٢ ـ ١ ـ تعريفه ١٧٢
٨ ـ ٢ ـ ٢ ـ أهميته ١٧٣
٨ ـ ٢ ـ ٣ ـ العوامل التى تتحكم فى التبخر ١٧٤
٨ ـ ٢ ـ ٤ ـ قياس التبخر أو حسابه ١٧٨
٨ ـ ٣ ـ ٥ ـ النتح ١٨٢
٨ ـ ٤ ـ التبخر الكلى ١٨٣
٨ ـ ٥ ـ رطوبة الهواء ١٨٦
٨ ـ ٥ ـ ١ طرق التعبير عنها ١٨٦
٨ ـ ٥ ـ ٢ ـ قياسها ١٨٧
٨ ـ ٥ ـ ٣ ـ أهميتها ١٩٠

٩
التكثف ومظاهره

تمهيد ــ تعريف التكثف ومسبباته ومظاهره	١٩٥
٩ ــ ١ ــ مظاهر التكثف عند سطح الأرض أو البحر	١٩٦
٩ ــ ١ ــ ١ ــ الضباب	١٩٦
٩ ــ ١ ــ ٢ ــ الندى	١٩٧
٩ ــ ١ ــ ٣ ــ الصقيع	١٩٧
٩ ــ ٢ ــ مظاهر التكثف فى المستويات المرتفعة	١٩٨
٩ ــ ٢ ــ ١ ــ السحب	١٩٨
٩ ــ ٣ ــ التساقط (المطر)	٢١١
تمهيد ــ تعريف التساقط وأشكاله	٢١١
٩ ــ ٣ ــ ١ ــ أنواع المطر	٢١١
ــ عواصف الرعد	٢١٥
ــ التساقط الصلب	٢٢٠
ــ شدة المطر أو غزارته	٢٢٣
٩ ــ ٣ ــ ٢ ــ قياس المطر	٢٢٦
ــ مشكلات قياس المطر (التساقط السائل)	٢٢٩
ــ مشكلات قياس التساقط الصلب	٢٣٠
٩ ــ ٣ ــ ٣ ــ استكمال النقص فى إحصاءات المطر	٢٣١
٩ ــ ٣ ــ ٤ ــ التباين فى كميات المطر السنوية والشهرية	٢٣٣
٩ ــ ٣ ــ ٥ ــ حساب متوسط مياه المطر على أى منطقة	٢٣٨
٩ ــ ٣ ــ ٦ ــ نظم المطر	٢٤٣
٩ ــ ٣ ــ ٧ ــ توزيع الأمطار على سطح اليابس	٢٤٩

١٠

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخيه

١٠ ــ ١ ــ الغرض من التقسيم والأسس التى يبنى عليها ٢٦٧

١٠ ــ ٢ ــ بعض التقسيمات المناخية العامة ٢٧١

١٠ ــ ٢ ــ ١ ــ تقسيم كوبن ٢٧٤ ــ ٣٠٩

١٠ ــ ٢ ــ ٢ ــ تقسيم أوستن ملر ٣١٠ ــ ٣١٤

١٠ ــ ٢ ــ ٣ ــ خلاصة التقسيمات المناخية العامة ٣١٤ ــ ٣١٨

١١

مناخ العالم

حسب خلاصة التقسيمات المناخية العامة

١١ ــ ١ ــ الأقاليم الحارة ٣٢٣

١١ ــ ١ ــ ١ ــ الأقاليم الاستوائية ٣٢٤

١١ ــ ١ ــ ٢ ــ الأقاليم المدارية ٣٢٤

١١ ــ ١ ــ ٣ ــ الأقاليم الموسمية الحارة ٣٤٦

١١ ــ ١ ــ ٤ ــ مناخ الجبال فى الأقاليم الحارة ٣٥٢

١١ ــ ٢ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة ٣٥٧

١١ ــ ٢ ــ ١ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى غرب القارات
(نوع البحر المتوسط) ٣٥٨

١١ ــ ٢ ــ ٢ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة فى شرق القارات ٣٦٣

١١ ــ ٢ ــ ٣ ــ الأقاليم المعتدلة الدافئة الموسمية ٣٦٧

١١ ــ ٣ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة ٣٧٠

١١ ــ ٣ ــ ١ ــ الأقاليم المعتدلة البحرية (نوع غرب أوروبا) ٣٧٠

١١ ــ ٣ ــ ٢ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة القارية ٣٧٤

١١ ــ ٣ ــ ٣ ــ الأقاليم المعتدلة الباردة الموسمية ٣٧٦

الموضوع | الصفحة

الموضوع	الصفحة
١١ ـ ٤ ـ الأقاليم الباردة	٣٨
١١ ـ ٤ ـ ١ ـ الأقاليم الباردة البحرية	٣٨
١١ ـ ٤ ـ ٢ ـ الأقاليم الباردة القاريه	٣٨٢
١١ ـ ٤ ـ ٣ ـ الأقاليم الباردة الموسمية	٣٨٦
١١ ـ ٥ ـ الأقاليم القطبية	٣٨٩
١١ ـ ٦ ـ الأقاليم الصحراوية	٣٩١
١١ ـ ٦ ـ ١ ـ الصحارى الحارة	٣٩٥
١١ ـ ٦ ـ ٢ ـ الصحارى المعتدلة	٤٠١
١١ ـ ٦ ـ ٣ ـ الصحارى الباردة	٤٠٢

١٢

مناخ إفريقيا

الموضوع	الصفحة
١٢ ـ ١ ـ العوامل التى تؤثر فى مناخ القاره	٤٠٧
أولا ـ موقوع القارة وشكلها	٤٠٧
ثانيا ـ التيارات البحرية	٤٠٨
ثالثا ـ التضاريس	٤١٤
رابعاً ـ توزيع الضغط الجوى على القاره	٤١٦
خامسا ـ الكتل الهوائية التي تؤثر فى مناخ القاره	٤٢٠
١٢ ـ ٢ ـ الأقسام المناخية لإفريقيا	٤٢٦
١٢ ـ ٢ ـ ١ ـ الأقاليم الحارة	٤٢٨
أ ـ المناخ الاستوائى	٤٢٨
ب ـ المناخ المدارى القارى	٤٣٤
ج ـ المناخ المدارى البحرى	٤٣٥
د ـ المناخ المدارى الصحراوى	٤٣٦

١٢ ــ ٢ ــ ٢ ــ المناخ المعتدل الدافىء ٤٣٧
أ ــ مناخ البحر المتوسط ٤٣٧
ب ــ مناخ ناتال ٤٣٨
ج ــ المناخ المعتدل الدافىء الموسمى ٤٣٩

١٣

مناخ العالم العربى

١٣ ــ ١ ــ موقع العالم العربى وآثاره المناخية ٤٤٣
١٣ ــ ٢ ــ الآثار التضاريسية على مناخ العالم العربى ٤٤٥
١٣ ــ ٣ ــ الضغوط الجوية الرئيسية المؤثرة على مناخ العالم العربى في الصيف والشتاء ٤٤٦
١٣ ــ ٤ ــ الدورات الهوائية المترتبة على الضغوط الجويه ٤٥١
١٣ ــ ٥ ــ الرياح المحلية والزوابع الترابيه ٤٥٤
١٣ ــ ٦ ــ أنواع الهواء (الكتل الهوائية) ٤٥٧
١٣ ــ ٧ ــ الأحوال الحراريه ٤٦١
١٣ ــ ٨ ــ الأمطار ٤٧٢
١٣ ــ ٩ ــ الأقسام المناخية للعالم العربى حسب تقسيم كوبن ٤٨٢

١٤

الجغرافيا النباتيه

١٤ ــ ١ ــ العوامل التى تتحكم فى نمو النباتات وتوزيعها ٤٩١
١٤ ــ ١ ــ ١ ــ العوامل المناخية ٤٩١
ــ الأمطار وقيمتها الفعلية ٤٩١
ــ الحرارة وقيمتها الفعلية بالنسبة لحياة النباتات ٥٠١
ــ الضوء ٥١٢

١٤ ـ ١ ـ ٢ ـ التربه ٥١٣
ـ مواد التربه ٥١٤
ـ العوامل التى تتدخل فى تكوين التربة ٥١٨
ـ تصنيف التربة وأقسامها الكبرى ٥٣٢
١٤ ـ ٢ ـ النباتات الطبيعية وتوزيعها العام ٥٤٣
ـ المجموعات الرئيسية للنباتات الطبيعية ٥٤٤
١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ الغابات ٥٤٥
ـ الأنواع الرئيسية للغابات وتوزيعها الجغرافى ٥٤٨
١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ١ ـ الغابات المدارية ٥٤٩
١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ٢ ـ الغابات المعتدلة الدافئة ٥٥٦
ـ غابات البحر المتوسط ٥٥٦
ـ الغابات المعتدلة الدافئة فى شرق القارات ٥٥٩
١٤ ـ ٢ ـ ١ ـ ٣ ـ الغابات المعتدلة الباردة ٥٦١
ـ الغابات النفضية ٥٦١
ـ الغابات الصنوبرية ٥٦٣
١٤ ـ ٢ ـ ٢ ـ الحشائش ٥٦٩
١٤ ـ ٢ ـ ٣ ـ الصحارى ٥٧٩
١٤ ـ ٢ ـ ٤ ـ التندرا ٥٨٢
١٤ ـ ٢ ـ ٥ ـ نباتات الجبال ٥٨٤

الملاحق

ملحق (١) معدلات الحرارة والمطر لبعض المحطات التى توضح الأنواع المناخية المختلفة فى تقسيم كوبن ٥٨٧
ملحق (٢) تحويل الدرجات المئوية إلى درجات فهرنهيتية ٥٩٢
ملحق (٣) التحويل من سنتيمترات إلى بوصات ٥٩٤
ملحق (٤) معدلات الحرارة والمطر فى بعض محطات الدول العربية ٥٩٥

